

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(назва факультету, інституту)

Кафедра електропостачання
(назва кафедри)

"На правах рукопису"
УДК 621.31

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
В.А.Попов
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2019 р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

зі спеціальності 141.01 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

на тему: «Комплексний енергомоніторинг житлової будівлі м. Києва»

Виконала: студентка VI курсу, групи ОН – 81мп.

Стрельчук Руслана Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доцент Чернявський А.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра електропостачання
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 141.01 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.А.Попов
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Стрельчук Руслані Олександрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема дисертації Комплексний енергомоніторинг житлової будівлі м. Києва
науковий керівник дисертації Чернявський Анатолій Володимирович, к.т.н, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «04.11. 2019 р. № 3814-с

2. Термін подання студентом дисертації 11 грудня 2019 р.

3. Об'єкт дослідження Системи енергетичного моніторингу житлової будівлі

4. Предмет дослідження Інформаційно-аналітичні засоби енергомоніторингу

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

1) Аналіз існуючих підходів до побудови системи енергомоніторингу житлової будівлі.

2) Формування показників енергоефективності для проведення енергомоніторингу.

3) Встановлення базового рівня енергоспоживання.

4) Побудова алгоритму проведення енергомоніторингу.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Графіки споживання ПЕР, баланс енергоспоживання, втрати через огорожувальні конструкції прогнозування електричної енергії, ЕТ-крива.

7. Орієнтовний перелік публікацій Результати за тематикою роботи обговорювалися та доповідалися на II науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ(за результатами дисертаційних досліджень магістрантів), 21-22 листопада 2019р., ІЕЕ НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ. Результати дисертації опубліковано в статті за темою: «Комплексний енергомоніторинг житлової будівлі м. Києва».

8. Консультант по нормам контролю ас. Прокопенко І.Д.

9. Дата видачі завдання 31.05.2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Аналіз стану енергетичного моніторингу у житлових будівлях України</i>	<i>10.06.2019 - 30.07.2019</i>	
2	<i>Аналіз нормативної бази</i>	<i>01.08.2019- 17.08.2019</i>	
3	<i>Огляд програмних продуктів для енергомоніторингу житлової будівлі</i>	<i>15.09.2019 - 29.09.2019</i>	
4	<i>Організаційні питання впровадження системи енергетичного моніторингу житлової будівлі</i>	<i>30.09.2019 - 09.10.2019</i>	
5	<i>Аналіз ефективності енергоспоживання житловою будівлею</i>	<i>10.10.2019 - 31.10.2019</i>	
6	<i>Прогнозування електричної енергії житловою будівлею</i>	<i>01.11.2019 - 10.11.2019</i>	
7	<i>Розробка стартап проекту</i>	<i>20.11.2019 - 30.11.2019</i>	
8	<i>Оформлення презентації</i>	<i>01.12.2019 - 09.12.2019</i>	

Студент

(підпис)

Стрельчук Р.О.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Чернявський А.В.

РЕФЕРАТ

Дисертаційна робота складається зі 104 сторінок, 24 таблиць, 24 рисунків, 52 бібліографічних джерел та 2-х додатків.

Актуальність теми. Енергетичний моніторинг – це безперервне спостереження за процесом споживання енергетичних ресурсів будівлею з метою виявлення його відповідності бажаному результату або тенденцій розвитку. В даний час набуває поширення послуга дистанційного енергетичного моніторингу, яка заснована на автоматичній передачі інформації з теплових пунктів у центральний диспетчерський пункт. Для цього необхідна наявність автоматичних приладів (контролерів) з виводом електричних сигналів про показання лічильників, стан електрообладнання та про положення запірно-регулюючої арматури на центральний пульт управління.

Мета дослідження - впровадження системи комплексного енергомоніторингу в житловій будівлі за рахунок розроблення нових, а також удосконалення існуючих інформаційно-аналітичних засобів.

Завдання:

- 1) Аналіз існуючих підходів до побудови системи енергомоніторингу житлової будівлі.
- 2) Впровадження системи енергетичного моніторингу житлової будівлі .
- 3) Аналіз ефективності енергоспоживання житловою будівлею.
- 4) Розрахунок показників енергоефективності житлової будівлі.
- 5) Прогнозування електричної енергії житловою будівлею.
- 6) Процедура енергомоніторингу житлової будівлі.

Об'єкт дослідження є системи енергетичного моніторингу житлової будівлі.

Предмет дослідження – інформаційно-аналітичні засоби енергомоніторингу.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в роботі наукових завдань застосовуються такі загальнонаукові та спеціальні методи: комп'ютерне моделювання, розрахункові методи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у поглибленні існуючих, теоретичних і методичних аспектів впровадження комплексного енергомоніторингу житлової будівлі.

Практичне значення отриманих результатів:

- Виконано огляд літератури та програмних продуктів, методів моніторингу та аналізу даних для проведення комплексного енергомоніторингу житлової будівлі.
- Запропоновано для використання спеціалізований програмний продукт в програмному середовищі Excel та ENSI EAB, що дозволяє значно спростити оформлення звітів з енергетичного обстеження об'єктів та виконувати розрахунки відповідно до сучасної методики.
- Проведений розрахунок тепловтрат через зовнішнє середовище (найбільші тепловтрати через стіни та вікна).
- Проведений розрахунок показників енергоефективності.
- Проведене прогнозування обсягів споживання електричної енергії.
- Матеріали магістерської дисертації можуть бути використані при підготовці і викладанні дисциплін «Методи енергомоніторингу та енергоаудиту будівель» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплоенергетика та інжиніринг».

Апробація результатів дослідження. Основні результати за тематикою роботи обговорювалися та доповідалися на II науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ(за результатами дисертаційних досліджень магістрантів), 21-22 листопада 2019р., ІЕЕ НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ. Секція: «Сталий розвиток енергетики. Сучасні системи забезпечення електричною енергією».

Публікації.

Результати дисертації опубліковано в статті за темою: «Комплексний енергомоніторинг житлової будівлі м. Києва».

Ключові слова: БАЗОВИЙ РІВЕНЬ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОМОНІТОРИНГ, ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІ ЗАСОБИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ, ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ, СТАРТАП-ПРОЕКТ.

SUMMARY

The dissertation consists 104 pages, 24 tables, 24 drawings, 52 bibliographic sources and 2 applications.

Actuality of theme. Energy monitoring is the continuous monitoring of the process of energy consumption of a building in order to identify its compliance with the desired result or development trends. Remote energy monitoring services, which are based on the automatic transmission of information from heat points to the central control point, are now expanding. This requires the presence of automatic devices (controllers) with the output of electrical signals about the readings of the meters, the status of electrical equipment and the position of the shut-off valve on the central control panel.

The purpose of the study is to introduce a system of integrated energy monitoring in a residential building by developing new ones, as well as improving existing information and analytical tools

Task:

- 1) Analysis of existing approaches to the construction of an energy monitoring system for a residential building.
- 2) Implementation of the energy monitoring system for a residential building.
- 3) Analysis of the energy efficiency of a residential building.
- 4) Calculation of energy efficiency indicators of a residential building.
- 5) Electricity forecasting in a residential building.
- 6) Procedure for energy monitoring of a residential building.

The object of the study is the energy monitoring systems for a residential building.

Subject of research is information-analytical means of energy monitoring.

Research methods. The following general scientific and special methods are used to solve scientific problems: computer simulation, computational methods.

The scientific novelty of the obtained results is to deepen the existing, theoretical and methodological aspects of the implementation of complex energy monitoring of a residential building.

The practical significance of the results obtained:

- Review of literature and software, monitoring and data analysis methods for complex energy monitoring of a residential building.
- It is proposed to use a specialized software product in Excel and ENSI EAB, which greatly simplifies the reporting of energy audits of objects and perform calculations in accordance with modern methods.
- The calculation of heat losses through the external environment (the largest heat losses through walls and windows).
- Energy efficiency indicators have been calculated.
- Electricity consumption forecasting has been carried out.
- The materials of the master's dissertation can be used in the preparation and teaching of the disciplines "Methods of energy monitoring and energy audit of buildings" for students of specialty 141 "Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics", 144 "Thermal Power Engineering and Engineering".

Testing the results of the study. The main results on the topic of work were discussed and reported at the II Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates (according to the results of the dissertations of undergraduate students), November 21-22, 2019, IEE NTUU "KPI named after Igor Sikorsky", Kyiv. Section: "Sustainable Energy Development. Modern systems of electricity supply".

Publications.

The results of the dissertation are published in the article on the topic: "Complex energy monitoring of a residential building in Kyiv".

Keywords: BASIC LEVEL OF ENERGY CONSUMPTION, ENERGY EFFICIENCY ENERGY EFFICIENCY, ENERGOMONITORING, INFORMATION-ANALYTICAL MEANS OF ENERGOMONITORING, START-PROJECT.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ УКРАЇНИ.....	14
1.1 Огляд існуючого стану енергетичного моніторингу в Україні.....	14
1.2 Загальні положення щодо побудови системи енергетичного моніторингу.....	14
1.2.1 Цілі побудови СЕнМ	15
1.2.2 Функції та об'єкти енергетичного моніторингу	19
1.3 Огляд літературних джерел з проведення енергетичного моніторингу житлових будівель.....	20
1.4 Аналіз існуючих підходів до побудови системи енергомоніторингу житлової будівлі, технічне забезпечення системи енергомоніторингу.....	26
1.5 Аналіз нормативно-правової бази проведення енергомоніторингу житлових будівель.....	30
Висновки.....	32
2 ОРГАНІЗАЦІЙНІ ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	34
2.1 Загальні положення.....	34
2.1.1 Вимоги до збору інформації	36
2.1.2 Методичні засади впровадження системи комплексного енергомоніторингу житлової будівлі	38
2.2 Опис об'єкту дослідження.....	40
2.2.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження.....	40
2.2.2 Теплопостачання.....	40
2.2.3 Електропостачання.....	46
2.3 Побудова балансу споживання електричної енергії житловим будинком.....	48
2.4 Обстеження стану огорожувальних конструкцій.....	48
2.5 Розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції	51
2.5.1 Розрахунок втрат теплоти через зовнішні стіни.....	51
2.5.2 Розрахунок втрат теплоти через світлопрозорі огорожувальні конструкції.....	53
2.5.3 Розрахунок втрат теплоти через дах.....	56
2.5.4 Розрахунок втрат теплоти через двері.....	57
2.5.5 Розрахунок втрат теплоти через підлогу.....	59
2.5.6 Результати розрахунків.....	58
Висновки.....	63
3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЛОВОЮ БУДІВЛЕЮ.....	64
3.1 Оцінка стану інженерних систем обліку і моніторингу споживання житлової будівлі.....	64
3.2 Опис системи обліку житлової будівлі.....	64
3.3 Паказники енергетичної ефективності.....	66
3.4 Прогнозування електричної енергії житловим будинком.....	67

3.4.1 Узагальнена математична модель прогнозування споживання електричної енергії житловим будинком.....	67
3.4.2 Практична реалізація узагальненої математичної моделі прогнозування споживання електричної енергії житловим будинком.....	76
3.5 Процедури енергомоніторингу.....	80
Висновки.....	84
4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	86
4.1 Опис ідеї проекту	86
4.2 Технологічний аудит проекту.....	88
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	89
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	92
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	93
Висновки.....	94
ВИСНОВКИ.....	95
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ	
ДЖЕРЕЛ.....	97
ДОДАТОК 1.....	103
ДОДАТОК 2.....	104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ПЕР - паливно-енергетичні ресурси

СЕНМ - система енергетичного моніторингу

ДБН - Державні будівельні норми

ЕНМон - енергетичний моніторинг

НД - нормативний документ

АСЕМ - автоматизована система енергетичного моніторингу

ЦО - централізоване опалення

ГВП- гаряче водопостачання

ЕТ-крива - крива «енергія – температура»

ВСТУП

Актуальність теми. Енергетичний моніторинг – це безперервне спостереження за процесом споживання енергетичних ресурсів будівлею з метою виявлення його відповідності бажаному результату або тенденцій розвитку. В даний час набуває поширення послуга дистанційного енергетичного моніторингу, яка заснована на автоматичній передачі інформації з теплових пунктів у центральний диспетчерський пункт. Для цього необхідна наявність автоматичних приладів (контролерів) з виводом електричних сигналів про показання лічильників, стан електрообладнання та про положення запірно-регулюючої арматури на центральний пульт управління.

Мета дослідження є впровадження системи енергомоніторингу в житловій будівлі за рахунок розроблення нових, а також удосконалення існуючих інформаційно-аналітичних засобів.

Об'єкт дослідження є системи енергетичного моніторингу житлової будівлі.

Предмет дослідження – інформаційно-аналітичні засоби енергомоніторингу.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в роботі наукових завдань застосовуються такі загальнонаукові та спеціальні методи: комп'ютерне моделювання, розрахункові методи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у поглибленні існуючих, теоретичних і методичних аспектів впровадження комплексного енергомоніторингу житлової будівлі.

Практичне значення отриманих результатів:

- Виконано огляд літератури та програмних продуктів, методів моніторингу та аналізу даних для проведення комплексного енергомоніторингу житлової будівлі.
- Запропоновано для використання спеціалізований програмний продукт в програмному середовищі Excel та ENSI EAB, що дозволяє значно спростити оформлення звітів з енергетичного обстеження об'єктів та виконувати розрахунки відповідно до сучасної методики.

- Проведений розрахунок тепловтрат через зовнішнє середовище.
- Проведений розрахунок показників енергоефективності.
- Проведене прогнозування обсягів споживання електричної енергії.
- Матеріали магістерської дисертації можуть бути використані при підготовці і викладанні дисциплін «Методи енергомоніторингу та енергоаудиту будівель» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплоенергетика та інжиніринг».

Апробація результатів дослідження. Основні результати за тематикою роботи обговорювалися та доповідалися на II науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ(за результатами дисертаційних досліджень магістрантів), 21-22 листопада 2019р., ІЕЕ НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ. Секція: «Сталий розвиток енергетики. Сучасні системи забезпечення електричною енергією».

Публікації.

Результати дисертації опубліковано в статті за темою: «Комплексний енергомоніторинг житлової будівлі м.Києва».

1 АНАЛІЗ СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ УКРАЇНИ

1.1 Огляд існуючого стану енергетичного моніторингу в Україні

В Україні помічаються позитивні зрушення щодо впровадження систем енергетичного моніторингу. Але до цього часу не відпрацьовані стандарти та кращі практики подібних систем, тому спостерігається достатньо різносторонній підхід до таких систем, що не спричиняє повторення помилок та стримує їх розвиток та впровадження. Зважаючи на суттєве здешевлення апаратних засобів збору даних з лічильників, міста України починають впроваджувати системи дистанційного контролю, проте вони, як правило, прив'язані до виробників вузлів обліку і погано адаптовані для інтеграції з іншими інформаційними системами. На сьогодні енергетичний моніторинг запроваджено у 153 містах та 2 регіонах України.

1.2 Загальні положення щодо побудови системи енергетичного моніторингу

Моніторинг - одна з основних функцій енергетичного менеджменту, спрямована на дотримання норм, правил і режимів енерговикористання, виконання запланованих заходів і дій, дотримання встановлених значень енергетичних показників [1].

Система енергетичного моніторингу базується на наступних вимогах: об'єктивність отриманих даних, незалежність, захист від суб'єктивної інтерпретації збирає або надає інформацію, що досягається чіткістю, визначеністю параметрів, що фіксуються кількісно. В системі моніторингу особлива увага повинна приділятися таким найважливішим складовим, як: організація регулярних потоків інформації про впровадження енергозберігаючих заходів та обсяги фінансування на окремих об'єктах, її аналіз і оцінка.

Запровадження системи енергомоніторингу:

1. Дозволяє сформувати інформаційну систему споживання енергоносіїв та енергоресурсів і систему управління енергією.

2. Перетворює бачення політиків у сфері енергоефективності в стійку систему енергетичних заходів і завдань.

3. Допомагає поставити реальні фінансово-обґрунтовані цілі в галузі сталого енергетичного розвитку.

Проблеми впровадження системи енергомоніторингу:

- не скрізь встановлені прилади обліку;
- нерозуміння необхідності вести облік споживання енергоносіїв та енергоресурсів;
- відсутність системи управління енергоресурсами;
- відсутність знань у сфері економії паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР);
- відсутність мотивації у керівників та відповідальних осіб;
- відсутність наочних прикладів впровадження енергоефективних заходів.

Завдяки впровадженню можливих недорогих та безкоштовних заходів , визначених, завдяки енергомоніторингу, можна досягти 10-15 % економії. Без енергомоніторингу споживання енергії та витрати зазвичай зростають.

1.2.1 Цілі побудови СЕнМ

В загальному випадку енергетичний моніторинг може передбачати вирішення різноманітних задач, які в значній мірі залежать від мети, об'єкту та предмету енергетичного моніторингу. Сюди можна віднести [2-4]:

- моніторинг своєчасності та якості виконання плану реалізації заходів з енергозбереження та програми енергозбереження;
- моніторинг досягнення цільових показників енергоефективності та результативності системи енергетичного менеджменту;
- моніторинг рівня енергетичної ефективності підприємства або його окремих структурних підрозділів;
- моніторинг розроблення та/або виконання коригувальних та випереджувальних дій тощо.

У літературних джерелах відсутній чіткий підхід до визначення предмету енергетичного моніторингу. Найпростіший підхід має на увазі, що предметом

енергетичного моніторингу є використання об'єктом всіх видів ПЕР. У більш широкому розумінні предметом енергетичного моніторингу можна вважати структуру та зміст інформаційних потоків на об'єкті з погляду ефективності використання всіх видів ПЕР.

Ключовими аспектами тут є інформація щодо енерговикористання, впровадження запланованих енергозберігаючих заходів, а також методи та засоби щодо її збирання та аналізування, що, в свою чергу, є основою енергетичного моніторингу.

В даний час під терміном «енергетичний моніторинг» розуміється система спостереження, контролю, оцінки, прогнозу стану енергоефективності об'єкту та інформаційного забезпечення процесу підготовки і прийняття управлінських рішень (рис. 1.1).

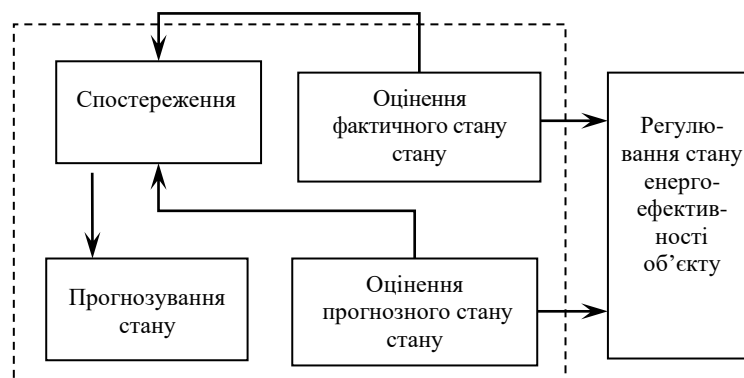


Рисунок 1.1- Блок-схема енергетичного моніторингу

Змістовна сторона енергетичного моніторингу включає наступні елементи:

- постановка та з'ясування конкретних завдань моніторингу;
- встановлення причинно-наслідкових зв'язків;
- визначення показників і методів їхньої оцінки;
- виявлення та оцінка факторів, що впливають на ефективність використання енергоресурсів, відбір найбільш істотних;
- вироблення шляхів усунення впливу негативних факторів і стимулювання позитивних.

Метою ЕнМон є сприяти керівництву житлової будівлі у виробленні оптимальних управлінських рішень та розробленні рекомендацій щодо підвищення ефективності використання ПЕР у житловій будівлі шляхом проведення постійного спостереження та оцінювання стану споживання ПЕР та рівня використання потенціалу енергозбереження, джерел втрат та обсягів нерационального використання ПЕР виробничими і допоміжними підрозділами, технологічними процесами та окремими споживачами, результатів впровадження енергоощадних заходів[5-7].

Завданнями, що вирішуються при проведенні ЕнМон житлової будівлі, є:

- оцінювання фактичного стану використання ПЕР у житловій будівлі;
- моніторинг рівня енергетичної ефективності житлової будівлі;
- ідентифікація джерел втрат ПЕР та оцінювання величини цих втрат;
- моніторинг витрат коштів на ПЕР ;
- моніторинг рівня використання потенціалу енергозбереження житлової будівлі;
- моніторинг досягнення цільових показників енергоефективності;
- моніторинг результативності системи енергетичного менеджменту;
- моніторинг рівня забезпеченості житлової будівлі ПЕР;
- моніторинг своєчасності та якості виконання плану реалізації заходів з енергозбереження та програми енергозбереження;
- моніторинг розроблення та/або виконання коригувальних та випереджувальних дій тощо.

Під час проведення енергетичного моніторингу житлової будівлі варто керуватись основними принципами, які наведені в таблиці.1.1.

Таблиця 1.1 - Основні принципи енергетичного моніторингу житлової будівлі

Принцип	Зміст принципу
Конкретність	Енергетичний моніторинг ґрунтується на реальних даних, результати його одержують конкретне кількісне вираження.

Продовження таблиці 1.1

Комплексність	Всебічне вивчення явища або процесу з метою об'єктивного його оцінення.
Системність	Вивчення явищ у взаємозв'язку один з одним, а не ізольовано
Регулярність	Енергетичний моніторинг варто проводити постійно через заздалегідь визначені певні проміжки часу, а не час від часу.
Об'єктивність	Критичне та безпристрасне вивчення явищ, формулювання обґрунтованих висновків.
Дієвість	Придатність результатів енергетичного моніторингу для використання в практичних цілях для підвищення рівня ефективності енерговикористання.
Економічність	Витрати, пов'язані з проведенням енергетичного моніторингу, повинні бути істотно менше того економічного ефекту, що буде отриманий у результаті його проведення.
Порівнянність	Результати енергетичного моніторингу повинні бути легко порівнянні один з одним, а також повинна дотримуватися наступність результатів.
Науковість	При проведенні енергетичного моніторингу варто керуватися науково обґрунтованими методиками та процедурами.
Достовірність	Достовірність, повнота і конфіденційність інформації, що застосовується під час проведення енергетичного моніторингу.

1.2.2 Функції та об'єкти енергетичного моніторингу

До основних функцій енергетичного моніторингу відносяться:

- *інформаційно-оцінювальна* - отримання даних про рівень розвитку окремих аспектів і параметрів процесу управління енерговикористанням та формулювання обґрунтованого висновку про ефективність цього процесу;
- *формувальна та коригувальна* - своєчасне внесення поправок, часткових виправлень або змін в процес управління енерговикористанням;
- *прогностична* - формулювання на основі отриманих даних обґрунтованого висновку про подальший розвиток процесу управління енерговикористанням;
- *координаційна* - узгодження дій та діяльності у сфері управління енерговикористанням різних фахівців компанії;
- *пошуково-дослідницька* - активна участь у моніторингу всіх суб'єктів процесу управління енерговикористанням;
- *гностична* - накопичення, аналізування та узагальнення даних про рівень ефективності процесу управління енерговикористанням.

За формою проведення ЕнМон може бути:

- *постійний* (безперервний) моніторинг здійснюється безперервно після постановки завдань, визначення технології збору та обробки матеріалів діагностики.
- *періодичний* моніторинг здійснюється періодично по мірі виникнення потреб у відповідних даних. Його можна здійснювати у формі календарного та етапного моніторингу.

При цьому, календарний моніторинг поновлюється при настанні звітнього календарного терміну. А етапний - здійснюється для вирішення календарного завдання.

Енергетичний моніторинг може проводитися регулярно або одноразово. Регулярний енергомоніторинг проводиться з метою відстеження результативності заходів щодо підвищення рівня енергетичної ефективності об'єкту. Регулярний енергомоніторинг проводиться щорічно.

Одноразовий моніторинг проводиться у випадках:

- необхідності одноразової корекції базового рівня енергоефективності або разового визначення рівня енергоефективності;
- наявності відомостей про недотримання вимог нормативно-правових актів у сфері енергозбереження та енергоефективності.

Ресурсне забезпечення енергомоніторингу повинно бути достатнім для виконання всіх його функцій. Керівництво компанії повинно забезпечити людськими, матеріально-технічними та фінансовими ресурсами.

До матеріально-технічних ресурсів належать:

- приміщення та технічне оснащення;
- інформаційні системи;
- програмне забезпечення;
- обладнання, засоби вимірювальної техніки, інструменти;
- НД, робоча та технічна документація.

До фінансових ресурсів належать:

- витрати на здійснення енергомоніторингу;
- витрати на заробітну плату персоналу, задіяного для проведення енергомоніторингу.

1.3 Огляд літературних джерел з проведення енергомоніторингу житлових будівель

Для того щоб обґрунтувати актуальність проведення енергомоніторингу житлових будівель, зроблено огляд вітчизняної літератури.

Проблема ефективного використання енергетичних ресурсів є вкрай актуальною на сьогодні для України [8]. За часів незалежності в державі слабо модернізовувалась економіка, і використовуються застарілі енерго– і ресурсомісткі технології з високою часткою екологічно небезпечних виробництв та низькою їх ефективністю. 25 листопада 2015 року на засіданні Кабінету Міністрів України схвалено проект розпорядження «Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року».

Павликом А.В у статті [9] було здійсненого дослідження, проаналізовано різні підходи до визначення понять «енергоефективність», «енергонезалежність» та «енергетична стратегія». Порівняння визначень понять «енергоефективність» та «енергозбереження» виявило велику розбіжність в підходах та поглядах на ці дефініції, незважаючи на те, що вони широко використовуються в технічній, соціальній, економічній та інших сферах. За рахунок виявлення спільних рис і розбіжностей в підходах до визначення поняття «енергоефективність» запропонована авторська класифікація енергоефективності за чотирьома класифікаційними ознаками, а саме: в залежності від кількості суб'єктів впливу, за етапами життєвого циклу, за джерелами енергоресурсу, а також за основними видами виробництва енергії .

Вченими у статті [10] описано основні етапи технології, методології та розрахунку енергоефективності будівель. Сформульовано вимоги до енергетичної ефективності будівель, визначено основні показники енергоефективності залежно від категорії будівлі. Сформовано вимоги до енергоефективності технічних систем. Прийнято до уваги можливості використання з технічної, економічної та екологічної точок зору різноманітних високоефективних альтернативних систем. Запропоновано технологію розрахунку енергоефективності будівлі, націлену не тільки на економію енергії, а й на вдосконалення технологічних процесів.

На основі запропонованої технології розроблено узагальнену схему архітектури інформаційної системи розрахунку енергоефективності будівель. Реалізація такої системи дозволить автоматизувати енергоаудит і розрахунок енергоефективності будівлі, отримати енергетичний паспорт будівлі та економічний звіт щодо проведення заходів з підвищення енергоефективності.

Енергетична ефективність будівель визначається відповідно до методології розрахунку енергетичної ефективності будівель, яка включає такі елементи:

- фактичні теплові характеристики будівлі, включаючи його внутрішні перегородки: теплову потужність; 1) теплоізоляцію; 2) пасивне опалення; 3) елементи охолодження; 4) теплові мости;

- установки для опалення та постачання гарячої води, в тому числі характеристики їх теплоізоляції;
- установки кондиціонування повітря;
- природну і механічну вентиляцію;
- вбудовану освітлювальну установку (головним чином в нежитловому секторі);
- проектування, позиціонування і орієнтацію будівлі, включаючи зовнішні кліматичні умови;
- пасивні сонячні системи та системи сонячного захисту;
- кліматичні умови всередині приміщення, включаючи передбачені проектом;
- внутрішні навантаження .

Ще в одній статті [11] розглянуто методи підвищення рівня енергоефективності будівель на стадії проектування.

У процесі вибору форми будинку важливим завданням архітектора є максимальне скорочення площі поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій з метою мінімізації тепловтрат в холодний час і теплонадходжень у теплу пору року. В методах моделювання теплового режиму будинків на сьогодні переважає системний підхід, за якого будинок розглядається як єдина енергетична система, що складається із взаємозалежних елементів. При цьому основну увагу зосереджують на оптимізації складу теплоізоляційної оболонки і систем кліматизації будинків. Але найважливіше місце у підвищенні енергоефективності будинків займає проблема оптимізації їх форми, оскільки вона є основою подальшої оптимізації [12].

Вчені Дешко В.І. та Білоус І.Ю. в своїй роботі [13] провели аналіз особливостей існуючих методів розрахунку енергоспоживання в будівлях, їх призначення та використання при побудові математичних моделей в різних програмних продуктах.

Моделі для визначення споживання енергії та програмні продукти динамічно розвиваються, знаходять ширше використання, спеціально адаптуються для вирішення тих чи інших завдань енергоспоживання з широкого спектру: енергоефективності, енергоаудиту, моніторингу та ін. Розрахункова методика на

базі стандарту [14] створюють базу для ефективного вирішення задач оптимального енергетичного проектування, моніторингу, споживання, використання та аналізу в будівлях. Подальше заглиблення в питання енергоефективності та їх локалізація та поєднання з питаннями створення комфортних умов будуть залучати до вирішення цих проблем моделі, створені на базі фундаментальних фізичних розрахунків.

Д.т.н Розеном В.П. та к.т.н Чернявским А.В., обговорювався термін моніторингу як інструментального засобу підвищення ефективності управління системою впровадження та фінансування енергозберігаючих заходів в бюджетній сфері.

Система моніторингу виступає базисом для прийняття управлінських рішень, створює необхідну інформаційну основу, що дозволяє не тільки систематизувати різні відомості про результати функціонування об'єкта аналізу, а й провести кількісну і якісну їх оцінку, проаналізувати основні тенденції в сфері енергозбереження, з подальшим прогнозом далекої динаміки розвитку.

Іноземні вчені представили новий дизайн розумної енергії, інтегрований лічильник з системою моніторингу та управління для моніторингу якості електроенергії, що постачається споживачам і захищає їх від аномальних ситуацій з можливістю зберігання всіх подій в часі. Це система забезпечує кілька переваг для комунальних підприємств, таких як споживаної енергії, видачі рахунків віддалено, також використовує множинні тарифи на оплату електроенергії в різний час протягом дня. Система пропонує можливість відключити / відновити постачання для клієнта, якщо борг не виплачується після певного часу.

Запропонована вченими система[15] має швидку реакцію про попередження аномальних ситуацій; точний спосіб виявлення несправності та неприйняття послуги споживачем; система має гідні статистичні дані.

Шабдіновим у статті [16] було розглянуто можливість створення інформаційних систем моніторингу енергоефективності будівель.

Реалізація стратегії енергетичної незалежності нашої держави визначається такими факторами, як: ціна на енергоносії, використання альтернативних джерел живлення, енергоефективність будівель, надійність каналів передачі енергії.

На сьогодні енергетичний стан міських будівель залежить від інформації щодо втрат теплової енергії кожного об'єкта не лише на папері, а й при проведенні постійного моніторингу, що дає можливість оцінити проблеми та ефективність заходів з енергоощадності. Все це є основою для створення інформаційної системи оцінки стану енергоефективності будівель для подальшого ініціювання енергоощадних проектів.

Наявні інформаційні системи контролю споживання енергії будівлями та спорудами реалізують технологію діагностики даних про спожиту енергію та вирішують задачі збору та обробки інформації, проте вони не розкривають механізм впливу факторів на енергоефективність та процес поєднання тепловізійної діагностики, моніторингу та прийняття рішень в єдиний інформаційний автоматизований комплекс. Тому процеси інформаційного забезпечення енергоощадності будівель можуть бути реалізовані в рамках єдиного інформаційного простору параметрів тепловізійного моніторингу та оцінки енергоефективності з подальшим прийняттям енергоощадних управлінських рішень.

Процес розроблення інформаційних систем з енергоощадності та моніторингу будівель полягає у формуванні інтегрованого інформаційного автоматизованого комплексу шляхом поєднання вхідних даних діагностики будівель з процесами обробки отриманих даних і створенням проектного рішення щодо реконструкції об'єкта [17,18].

Так вченим Шовкалюком Ю.В. у одній зі своїх статей [19] було виконано огляд можливостей різних програмних продуктів, що використовуються для побудови системи енергоменеджменту та аналізу енергетичних витрат у будівлях. Виконано моделювання енергетичних характеристик існуючих житлових багатоквартирних будівель до та після термомодернізації.

Побудова системи енергоменеджменту включає в себе регулярний моніторинг енергоспоживання будівель, аналіз тепловтрат і потоків енергії, техніко-економічні розрахунки та аналіз екологічних показників. Для виконання даних завдань існують програмні продукти та ресурси, що можуть застосовуватись залежно від поставлених задач.

Енергоменеджери багатьох українських міст використовують для енергомоніторингу програмний продукт EnergyPlan, що дозволяє виконувати аналіз значних масивів інформації, їх обробку, структурування та виведення у зручному форматі для керівників проекту, енергоменеджерів та споживачів (відвідувачів, мешканців) будівлі.

Введення інформації чітко структуроване і містить шаблони звітів, таблиць, діаграм та графіків, що дозволяє оперативно приймати управлінські рішення для оптимізації енергоспоживання. Початок проекту передбачає внесення даних: тип об'єктів, рік побудови, загальні та детальні дані про будівлю; енергоресурси, що споживаються (теплова, електроенергія, холод, вода), джерела енергії, паливо, система обліку. Передбачено збір показів лічильників через онлайн інтерфейс. Шаблони звітів дозволяють : визначити та порівнювати ефективність використання енергії та споживання усіх ресурсів будівлі; ідентифікувати різкі зміни динаміки споживання; складати рейтинг будівель для проведення енергетичного аудиту, оцінювати вплив погодних умов на споживання енергії; контролювати дотримання лімітів. У даній статті зроблені такі висновки: для створення ефективної системи енергоменеджменту з метою підвищення енергоефективності фонду будівель фахівці використовують різні інструменти, в тому числі і програмне забезпечення. Його застосування потребує спеціальних знань та навичок проведення інженерних розрахунків .

Додоновим [20] було проведено дослідження, яке містить результати розрахунку індикаторів енергоефективності опалення і гарячого водопостачання в житловому секторі на регіональному рівні для оцінки потенціалу енергозбереження в теплозабезпеченні.

Ним були запропоновані показники енергоефективності , які мають широке практичне застосування:

1. У державній політиці. Індикатори енергоефективності за секторами економіки й розроблені на їх основі цільові показники повинні бути використані при доопрацюванні Енергетичної стратегії України до 2030 р.

2. У програмах технічної допомоги. Індикатори енергоефективності можуть бути важливим моніторинговим інструментом у програмах технічної допомоги, які спрямовуються на підвищення енергоефективності теплопостачання.

3. Як інструмент громадського контролю.

Упровадження заходів політики щодо підвищення енергоефективності теплозабезпечення ускладнюється через відсутність надійних індикаторів енергоефективності, на основі яких можна визначити потенціал енергозбереження, встановити завдання зі зниження енергоспоживання, проводити моніторинг виконання цих завдань і, в разі необхідності, вжити заходи для їх виконання.

Групою дослідників Комеліною О.В, Щербініною С.А та іншими у 2016 році опубліковано роботу [21] щодо дослідженого питання підвищення ефективного енергоспоживання в існуючому житловому фонді України. Для оцінювання ефективності енергоспоживання обрано показники енергоефективності, які подано у вигляді відношення енергоспоживання (виміряного в одиницях енергії) до даних про діяльність (виражених у натуральних одиницях). Визначено основні показники енергоефективності існуючого житлового фонду України на підставі статистичних даних. Розроблено дворівневу систему економіко-математичних моделей для побудови оптимізаційної функції мінімального споживання енергоресурсів на 1м² житлової площі та оптимізаційної функції мінімального споживання енергоресурсів на одну особу. Проаналізовано моделі на адекватність і знайдено прогнозні значення результативних показників для України. Здійснено експериментальну апробацію розробленої системи моделей [22] у пакеті прикладних програм Statistica Statsoft.

1.4 Аналіз існуючих підходів до побудови системи енергомоніторингу житлової будівлі, технічне забезпечення системи енергомоніторингу

Енергетичний моніторинг є основою системи енергетичного менеджменту (СЕНМ).

Зазвичай система щоденного енергомоніторингу виявляється найбільш ефективною.

Щоденний енергомоніторинг :

- в ручному режимі без спеціалізованого програмного забезпечення

- в ручному режимі із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення

- за допомогою автоматизованих систем та спеціалізованого програмного забезпечення.

Безперервний щоденний ЕнМон дає можливість:

- розпізнати виникаючі проблеми, а також оперативно реагувати на різні зміни в споживанні енергії будівлею, оперативно виявляти витoki і поломки (самохід лічильників, протікання і т.п.);

- визначити, які ділянки установи мають найвище споживання енергії, і розглянути можливість модернізації або інших шляхів, направлених на зменшення споживання енергії;

- оцінити успіх проведеної модернізації та впроваджених енергоефективних заходів шляхом порівнювання фізичних величин і фактичних грошових заощаджень.

Моніторинг даних є постійним процесом слідкування за споживанням енергоресурсів у будівлі.

Існують програмні продукти енергомоніторингу, що включають в себе багато різноманітних звітів у вигляді таблиць, діаграм та графіків. Звіти необхідні для прийняття оптимальних управлінських рішень.

У таблиці 1.2 наведено алгоритм роботи енергоменеджерів з програмним забезпеченням.

Таблиця 1.2- Алгоритм роботи енергоменеджерів з програмним забезпеченням

Назва завдання	Періодичність
1. Внесення паспортних даних будівлі.	Разова дія на початку роботи
2. Внесення даних енергоспоживання по кожному виду енергії (тепло, електроенергія, газ, вода) для кожного із лічильників	Щоденно
3. Коригування введених даних при виявленні помилок, знайдених в процесі моніторингу	За потреби

Продовження таблиці 1.2

4. Моніторинг енергоспоживання будівлі даних	Щоденно при введені даних
5. Звітність а. Порівняння даних енергоспоживання б. Порівняння витрат на енергоносії с. Порівняння споживання енергоносіїв з показниками внутрішньої та зовнішньої температури та вологості.	щотижнево щомісячно щомісячно.

Перелік можливих програмних продуктів для енергомоніторингу, доступних в Україні [23]:

1. Платформа UMUNI.
2. Енергоплан 2.0
3. Енергобаланс та інші.

1. Програмне забезпечення «UMUNI» дозволяє проводити моніторинг усіх видів енергоресурсів (є можливість додавати нові види), аналізувати, оцінювати і порівнювати об'єми та ефективність їх споживання. Призначене для ведення енергомоніторингу з будь-якою періодичністю, накопичення та аналіз статистичної інформації, прогнозування споживання та глибокий аналіз, накопичення інформації про стан будівель та їх інженерних мереж.

Для кожної будівлі є можливість ввести загальну інформацію щодо приналежності до категорії організації, вказати назву та адресу, завантажити зображення, вказати рік спорудження та технічні деталі (загальна та опалювальна площа, об'єм, висота будівлі, можна вказати тип опалення, теплове навантаження будівлі, висота та кількість поверхів, кількість працівників чи відвідувачів будівлі у робочий та неробочий час, місце для додаткових нотаток та коментарів, додати геотег).

2. Програмне забезпечення «Енергоплан» дозволяє проводити моніторинг усіх видів енергоресурсів та аналізувати, оцінювати та порівнювати об'єми та ефективність їх споживання. Призначене для ведення енергомоніторингу з будь-

якою періодичністю, накопичення та аналіз статистичної інформації, прогнозування споживання та глибокий аналіз, накопичення інформації. ПЗ розраховано на застосування для бюджетної сфери. Доступ до ПЗ відбувається за допомогою інсталяційної версії. Щоденні покази лічильників можливо вносити окремо через онлайн доступ до веб-сторінки.

Для кожної будівлі є можливість ввести загальну інформацію (приналежність до організації та підрозділу, назва та адреса, рік спорудження, приналежність до погодної станції, інший загальний опис будівлі) та технічну інформацію (загальна та опалювальна площа, об'єм, теплове навантаження будівлі, висота, кількість поверхів та працівників будівлі, місце для додаткових нотаток та коментарів). Ввід даних лічильників ручний, є окремий доступ для внесення лише показів лічильників. Існує можливість задавати дати перевірки лічильників та помічати перехід механічних лічильників через нульові показники.

Існує можливість ручного внесення значень лімітів і контролю за їх дотриманням. Також є можливість вносити заходи, що впливають на зміну рівня споживання енергоресурсів, як історичних так і запланованих, з очікуваною економією. Можна проводити аналіз споживання до і після проведення енергоефективних заходів. Заходи в подальшому можна відображати на певних типах звітів, що дозволяє користувачеві порівнювати зміну динаміки споживання енергоресурсів з прив'язкою до проведених заходів.

3. Програмне забезпечення «Енергобаланс» дозволяє проводити моніторинг основних видів енергоресурсів (електроенергія, тепло, вода, газ) та аналізувати, оцінювати та порівнювати об'єми та ефективність їх споживання.

Окремо є доступ для введення показів лічильників, адміністрування та внесення іншої додаткової інформації. Є можливість внесення показів лічильників з подаючого та зворотного трубопроводів теплової мережі, та окремо для орендарів. Для кожного лічильника можна вказати необхідний його коефіцієнт, дату заміни лічильника, час зняття показів та значення зовнішньої температури. Є можливість внесення та контролю за дотриманням лімітів.

Ще одним видом енергомоніторингу є автоматизована система енергомоніторингу [24]. Автоматизована система енергомоніторингу (АСЕМ) являю собою комплекс програмного та технічного забезпечення для дистанційного обліку споживання паливно-енергетичних ресурсів. АСЕМ забезпечує автоматизований облік енергоресурсів на основі даних, отриманих безпосередньо від вузлів обліку тепла, електричної енергії, холодної води, а також збір інформації про аварійні сигнали та температуру повітря всередині приміщень.

Основним завданням створення АСЕМ є вирішення на основі точної та оперативно отримуваної інформації питань контролю, підвищення ефективності споживання та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів.

АСЕМ:

- моніторинг даних в автоматичному режимі (автоматизований облік та аналіз даних енерговикористання);
- можливість комерційного обліку (передача даних щодо обсягів спожитих енергетичних ресурсів до постачальників);
- виявлення аварійних ситуацій в роботі систем (оповіщення щодо появи нештатних ситуацій);
- формування різноманітних звітів (підготовка звітності для прийняття відповідних рішень);
- енергопланування (прогнозування витрат енергетичних ресурсів за різними сценаріями);
- захист даних (захист інформації від несанкціонованого доступу).

1.5 Аналіз нормативно-правової бази проведення енергомоніторингу житлових будівель

Аналіз нормативно-правового регулювання для проведення енергомоніторингу житлових будівель проведено у табличній формі (див. табл 1.3.)

Таблиця 1.3 – Нормативно-правове регулювання для проведення енергомоніторингу житлових будівель

Нормативний документ	Пояснення
<p><u>Закон України «Про енергетичну ефективність будівель»</u> від 22.06.2017 № 2118-VII.</p>	<p>Цей Закон визначає правові, соціально-економічні та організаційні засади діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель і спрямований на зменшення споживання енергії у будівлях.</p>
<p><u>Наказ Мінрегіону від 11.07.2018 №169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель»</u></p>	<p>Ця Методика встановлює механізм визначення енергетичної ефективності будівель, у тому числі:</p> <ul style="list-style-type: none"> -перелік показників енергетичної ефективності будівель; -метод визначення енергетичної ефективності будівель; -особливості визначення енергетичної ефективності будівель; -проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів; -визначення класу енергетичної ефективності будівель.

Продовження таблиці 1.3

Наказ Мінрегіону 11.07.2018 №173 «Про затвердження Методики обстеження інженерних систем будівлі»	Метою цієї Методики є визначення послідовності дій фахівців з обстеження інженерних мереж під час проведення збору та аналізу інформації щодо фактичного стану інженерних систем будівель і їх елементів (у тому числі обладнання), за результатом якого встановлюються фактичні показники енергетичної ефективності систем.
---	--

Висновки :

В даному розділі для обґрунтування актуальності проблематики проведення енергомоніторингу житлових будівель:

1. Розглянуто існуючий стан енергетичного моніторингу в Україні. В Україні помічаються позитивні зрушення щодо впровадження систем енергетичного моніторингу. На сьогодні енергетичний моніторинг запроваджено у 153 містах та 2 регіонах України.
2. Розглянуто загальні положення щодо енергомоніторингу, на чому він базується, що дозволить запровадження системи енергомоніторингу, а також визначено проблеми, які можуть стояти перед впровадженням системи енергомоніторингу.
3. Розглянуто наукові праці вітчизняних та зарубіжних дослідників за проблемою проведення енергомоніторингу житлових будівель. Визначено, що проведення енергомоніторингу житлових будівель є актуальним не лише в Україні, а й у країнах Європи. На підставі проведеного аналізу можна зазначити, що існують різноманітні підходи до проведення моніторингу житлових будівель.
4. Проведено аналіз існуючих підходів до побудови системи енергомоніторингу житлової будівлі, технічне забезпечення системи енергомоніторингу. Щоденний енергомоніторинг може проводитися як у ручному режимі, так і за допомогою автоматизованих систем та

спеціалізованого програмного забезпечення. Можливі програмні продукти для енергомоніторингу, доступні в Україні: Платформа UMUNI, Енергоплан 2.0, Енергобаланс та інші.

5. Проведено аналіз нормативно – правової бази України за тематикою проведення енергомоніторингу житлових будівель. При проведенню аналізу було визначено, що є велика кількість нормативних документів, які потребують вивчення перед початком проведення енергомоніторингу.

Отже, для більш точного аналізу проведення енергомоніторингу житлових будівель потрібно також застосовувати загальнонаукові методи дослідження.

2 ОРГАНІЗАЦІЙНІ ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

2.1 Загальні положення

При створенні системи енергетичного моніторингу особлива увага повинна приділятися таким важливим складовим, як: організація регулярних потоків інформації і документообігу про споживання енергоресурсів окремих житлових будівель.

Для проведення енергетичного моніторингу житлової будівлі необхідно ознайомитись з документальною інформацією житлової будівлі, що стосується питань споживання ПЕР, а також здійснити необхідні вимірювання[25].

Обсяг документальної інформації та інформації, отриманої шляхом проведення вимірювань, повинен визначатися фахівцем, що здійснює енергетичний моніторинг в залежності від устнов ЕнМон та завдань, які вирішують під час проведення ЕнМон.

Так як обсяг інформації, необхідної для використання в процесі формування інформаційного забезпечення СЕнМ, є досить суттєвим, виникає необхідність у визначенні оптимальної тривалості зберігання інформації, а також визначенні засобів її обробки та зберігання.

Для здійснення енергомоніторингу при великих обсягах статистичної інформації необхідно застосування сучасних інформаційних і комп'ютерних технологій. Інформаційно-аналітична підсистема повинна забезпечити збір та обробку інформації, а також дозволити зберігати, коригувати, актуалізувати інформацію про результативність функціонування СЕнМ і надавати результати роботи у вигляді, зручному для прийняття управлінських рішень.

В даний час широкий розвиток отримало застосування таких інформаційних технологій, як бази даних - Data Base (DB), аналітична обробка даних в режимі реального часу - On-line Analytical Processing (OLAP), інтелектуальний аналіз даних - Data Mining (DM), зберігання даних - Data Ware House (DWH), системи підтримки прийняття рішень - Electronic Performance Support System (EPSS) і ін. У зв'язку з

цим, пропонується використовувати їх для формування інформаційних ресурсів СЕНМ. Це дозволить накопичувати великі обсяги інформації, сортувати її і швидко знаходити необхідну інформацію, не витрачаючи на це багато часу і людських ресурсів. Крім того, використання зазначених вище інформаційних технологій дозволить заощадити площі (приміщення), необхідні для виділення під зберігання великих обсягів документальної інформації.

В процесі енергетичного моніторингу здійснюється аналіз інформації про об'єкт як споживача ПЕР. Залежно від напрямків аналізу інформації в ДСТУ 4714 рекомендується використовувати такі засоби аналізу: таблиці і графіки; гістограми, діаграми розкиду, контрольні карти, причинно-наслідкові діаграми, балансові діаграми; методи порівняльного аналізу; методи індикативного планування; методи фінансово-економічного аналізу; методи кореляційного, регресійного і факторного аналізу; методи експертних оцінок; тимчасові ряди та ін[26].

Крім того, для аналізу причин виявлених фактів зниження рівня енергорезультативності СЕНМ і шляхів його підвищення можуть використовуватися, так звані, «вісім нових інструментів управління якістю»: мозковий штурм (brainstorming); діаграма спорідненості (схожості) (affinity diagram); діаграма зв'язків (interrelationship diagram); деревоподібна діаграма або дерево рішень (tree diagram); стрелочная діаграма (arrow diagram); потоковая діаграма процесу (flow chart); діаграма процесу здійснення програми (process decision program chart - PDPC); матриця пріоритетів (matrix data analysis).

Оскільки процеси обробки і аналізу інформації (статистичних даних, результатів вимірювань і опитувань експертів та ін.) Дуже трудомісткі самі по собі і вимагають великого обсягу різноманітних обчислень, необхідна автоматизація цих процесів. Сучасні інформаційні технології дозволяють повністю автоматизувати процеси обробки і аналізу інформації і створити автоматизовані робочі місця енергоменеджерів.

Енергомоніторинг слугує гарним інструментом для потреб енергоменеджменту.

Основною метою проведення енергомоніторингу є скорочення споживання енергії у житловій будівлі. Енергомоніторинг показує, яким чином споживається енергія і виявляє потенціал для її заощадження.

Перевірка та контроль є рушійною силою в системі енергоменеджменту. Система контролю регулярно фіксує споживання і вартість енергії, коливання енергії можуть бути локалізовані, а аналіз енергоефективності показує, які енергетичні аспекти і процеси повинні бути покращені. Система контролю також оцінює управління енергією, оцінює енергоефективність і виявляє помилки і сфери, які потребують вдосконалення. Перевірка і контроль ведуть до безперервного покращення.

Як перший конкретний крок, енергомоніторинг, є важливим підґрунтям для подальших заходів енергоменеджменту.

2.1.1 Вимоги до збору інформації

До документальної інформації слід віднести:

- енергетичний паспорт житлової будівлі;
- проектну документацію на системи енергетичного забезпечення житлової будівлі та окремі споживачі ПЕР;
- технічну та експлуатаційну документацію на устаткування, що споживає ПЕР: паспорти, формуляри, інструкції, специфікації, технологічні регламенти, режимні карти, кабельні журнали та ін.;
- звітна документація з обліку витрати ПЕР;
- технічну документацію по обліку витрати ПЕР;
- графіки навантаження споживання ПЕР;
- документацію про енергозберігаючі заходи;
- документація щодо ремонтів, налагоджувальних і випробувальних робіт;
- результати опитування та анкетування мешканців будинку;
- звіти попередніх енергетичних аудитів.

Роботам, що пов'язані з проведенням енергетичного моніторингу житлової будівлі, повинна передувати організація раціонального обліку паливно-

енергетичних та матеріальних ресурсів, задачею якого є реєстрація, обробка та систематизація експлуатаційних та енергетичних показників енергогосподарства.

Облік паливно-енергетичних та матеріальних ресурсів повинен здійснюватися при:

- виробленні енергії генеруючими установками;
- споживанні ПЕР житловою будівлею;
- використанні вторинних енергетичних ресурсів;
- витратах матеріальних ресурсів.

При організації обліку вироблення та витрат ПЕР повинні враховуватися наступні вимоги до вихідної інформації, необхідної для проведення енергетичного моніторингу житлової будівлі:

- якість обліку (повнота, точність, достовірність, оперативність, диференціація обліку тощо);
- можливість співставлення;
- стабільність;
- доступність.

Облік вироблення та витрат ПЕР повинен виконувати такі функції [29]:

- поточний облік – реєстрацію (ручну або автоматичну) первинних параметрів та показників;
- коригування – введення поправок в показники вимірювальних приладів на відхилення фактичних параметрів ПЕР від їх нормалізованих величин;
- обробка та аналіз результатів: визначення середніх за добу (тиждень, місяць, квартал) відхилень параметрів та показників від їх нормалізованих величин;
- складання звітів за контрольні періоди часу.

Для побудови та аналізування ПЕР житлової будівлі необхідно здійснити диференціацію (розподіл) обліку вироблення та витрат ПЕР окремо за кожним видом ПЕР, їх параметрами та територіально-виробничою ознакою. Диференціація обліку повинна здійснюватися з урахуванням особливостей житлової будівлі і вирішуваних обліком завдань. Диференціація обліку повинна здійснюватися на основі проведення техніко-економічного обґрунтування[27,28].

Показником вірогідності побудови балансу є величина «нев'язки» між прибутковою і витратною його частинами. При складанні ПЕР агрегатів величина «нев'язки» повинна бути не більш $\pm 3\%$.

При аналізі найбільш ймовірних причин підвищених величин «нев'язки» у першу чергу варто звернути увагу на ті статті балансу, фактична величина яких може змінюватися в дуже широких межах, а також статті, визначення яких пов'язано з найбільшою похибкою (наприклад, втрати в навколишнє середовище через теплоізоляцію).

2.1.2 Методичні засади впровадження системи комплексного енергомоніторингу житлової будівлі

Незважаючи на особливу актуальність питання методології проведення ЕнМон об'єктів практично не вирішувалися та не знайшли свого відображення ні в нормативно-технічних документах, ні в спеціальній літературі.

Під **методом** у широкому змісті розуміють спосіб дослідження свого предмета. Специфічні для різних наук способи підходу до вивчення свого предмета базуються на загальному діалектичному методі пізнання. Діалектичний метод пізнання виходить із того, що всі явища та процеси необхідно розглядати в постійному русі, зміні, розвитку. Тут джерело однієї з характерних рис методу ЕнМон - необхідність постійних порівнянь. Порівняння дуже широко застосовуються в ЕнМон: фактичні результати діяльності порівнюються з результатами минулих років, досягненнями інших об'єктів, плановими показниками тощо. Діалектика вчить, що кожен процес, кожне явище треба розглядати як єдність і боротьбу протилежностей. Звідси випливає необхідність вивчення внутрішніх протиріч, позитивних та негативних сторін кожного явища, кожного процесу. Це теж одна з характерних рис ЕнМон. Використання діалектичного методу в ЕнМон означає, що вивчення ЕВЕР об'єкта повинне проводитися з урахуванням всіх взаємозв'язків. Жодне явище не може бути правильно зрозуміле, якщо воно розглядається ізольовано, без зв'язку з іншими. Це також одна з методологічних рис методу ЕнМон [29].

Важливою методологічною рисою ЕнМон є розробка та використання системи показників, необхідної для комплексного, системного дослідження причинно-наслідкових зв'язків явищ і процесів енергоспоживання БУ.

Таким чином, **метод ЕнМон** - це системне, комплексне вивчення, вимір та узагальнення впливу факторів на ЕВЕР об'єкта шляхом обробки спеціальними прийомами системи показників плану, обліку, звітності та інших джерел інформації з метою підвищення рівня ЕВЕР об'єкта. Метод ЕнМон передбачає використання ряду конкретних методик аналітичного дослідження.

Під **методикою** розуміється сукупність способів, правил найбільш доцільного виконання якої-небудь роботи. В енергетичному моніторингу під **методикою** розуміється сукупність аналітичних способів і правил дослідження явищ і процесів енергоспоживання, підлеглих досягненню мети моніторингу [30,31].

Будь-яка методика ЕнМон об'єкта буде являти собою вказівки або методологічні рекомендації щодо виконання аналітичного дослідження. Вона повинна містити наступні моменти:

- формулювання цілей та завдань ЕнМон;
- об'єкти ЕнМон;
- система показників, за допомогою яких буде досліджуватися кожен об'єкт аналізу;
- рекомендації щодо послідовності та періодичності проведення ЕнМон;
- опис способів та методики дослідження досліджуваних об'єктів;
- джерела даних, на підставі яких здійснюється ЕнМон;
- вказівки щодо організації ЕнМон (які особи та служби будуть проводити окремі частини дослідження);
- технічні засоби, які доцільно використати для аналітичної обробки інформації;
- порядок оформлення результатів ЕнМон;
- користувачі результатів ЕнМон.

2.2 Опис об'єкту дослідження

2.2.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження

Житловий будинок знаходиться за адресою м. Київ, вул. Механізаторів, 7. Будинок побудовано в 1970 році. Має 9 поверхів, горище та підвал, в якому розміщуються тепловий пункт. Будинок має 2 під'їзди, 108 квартир (однокімнатних - 37, двокімнатних - 52, трьохкімнатних - 19).

Будівля панельна, має плоский дах, що складається з залізобетонних плит які утеплена шаром керамзиту та вкриті шаром руберойду. Загальна площа будинку з прибудинковою територією 3919,6 м². Площа застеклення 1395,5 м², що складає 35,6% від загальної площі конструкції, що огорожує (2524,1 м²). Площа підлоги над неопалюваним підвалом 714,3 м². Площа горищних перекриттів 714,3 м².

Вентиляція приміщень квартир здійснюється природним шляхом через вентиляційні отвори.

2.2.2 Теплопостачання

Житловий будинок використовує теплову енергію для централізованого опалення (ЦО) та для забезпечення гарячим водопостачанням (ГВП). Теплоносієм в будинку є вода.

Теплопостачання будівлі здійснюється від теплового пункту. У будинку однотрубна, незалежна схема підключення системи опалення до теплових мереж. Систему опалення будівлі не обладнано автоматичною системою регулювання теплового потоку з циркуляційним насосом. Ізоляція частини трубопроводів, прокладених в неопалювальному просторі, присутня клаптиково. Облік теплової енергії ведеться тепловим лічильником. Оплата за енергоносії здійснюється за показами цього лічильника.

Внутрішня система опалення однотрубна.

Було обстежено тепловий пункт, прилади системи опалення теплового пункту (рис.2.1,рис.2.2). Розрахункова зовнішня температура становить -22 °С, середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період -1,1 °С, внутрішня температура +18°С. Опалювальний період триває 176 діб.



Рисунок 2.1 – Зображення існуючої теплоізоляції трубопроводів



Рисунок 2.2 – Зображення застосування теплоізоляції трубопроводів

Дані про споживання теплової енергії на опалення зведемо до таблиці 2.1.

Дані про споживання теплової енергії на ГВП зведемо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Річне споживання теплової енергії на опалення за 2017-2019 рр.

Місяць	2017		2018		2019	
	Гкал	грн	Гкал	грн	Гкал	Грн.
Січень	88,08	55258	91,09	112315	76,1	100904,8
Лютий	72,3	45358	93,6	115410	63,78	84569,09
Березень	61,34	38482	46,9	57828	75	99446,25
Квітень	23,93	15013	10,35	12762	38,41	50929,74
Травень	–	–	–	–	–	–
Червень	–	–	–	–	–	–
Липень	–	–	–	–	–	–
Серпень	–	–	–	–	–	–
Вересень	–	–	–	–	–	–
Жовтень	15,58	19210	18,63	22971	12,16	16021,16
Листопад	64,64	79702	55	67816	59,82	78814,64
Грудень	106,53	131353	76,99	96174	71,9	94730,41
Всього	432,4	384376	392,6	485275	397,17	525416,1

Таблиця 2.2 – Річне споживання теплової енергії на ГВП за 2017-2018рр.

№	Місяць	2017		2018	
		Гкал	грн	Гкал	Грн.
1	Січень	–	–	18,408	22697
2	Лютий	26,02	16323	17,346	21388
3	Березень	18,59	11659	18,585	22915
4	Квітень	22,3	13991	17,169	21170
5	Травень	25,02	15694	19,942	24589
6	Червень	19,88	12474	15,34	18914
7	Липень	12,98	16004	1,475	1818,7
8	Серпень	11,74	14477	0,531	654,73
9	Вересень	8,555	10548	0,236	290,99
10	Жовтень	12,39	15277	–	–
11	Листопад	16,58	20442	–	–
12	Грудень	16,34	20151	8,791	10981
Σ	Всього	190,4	167042	99,42	145419

Споживання теплової енергії на опалення за місяцями зобразимо на рисунку 2.3.

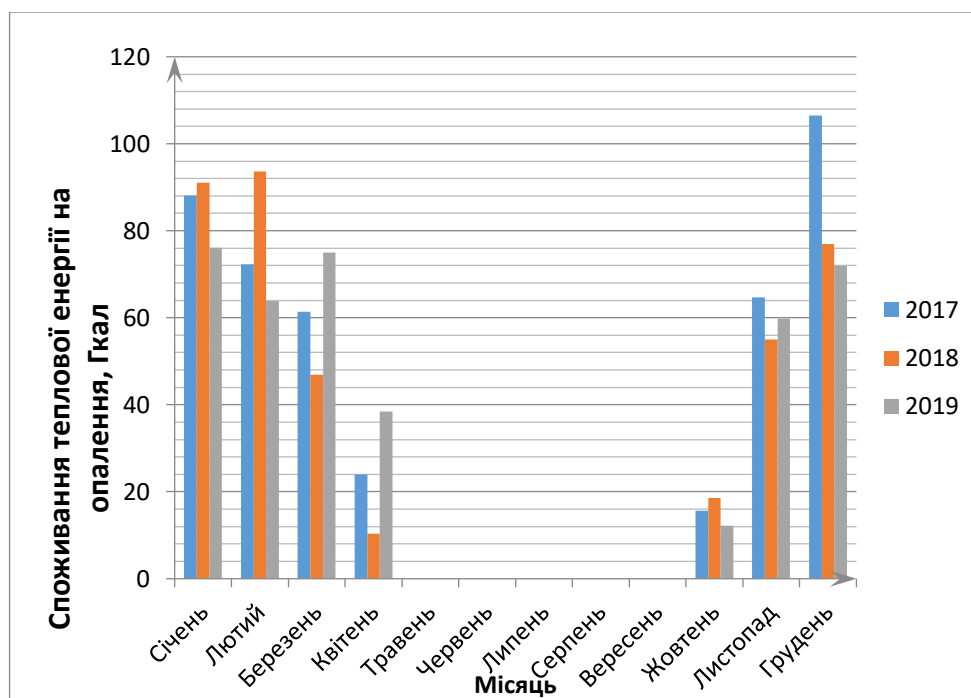


Рисунок 2.3 – Графік споживання теплової енергії на опалення за 2017-2019рр.

З графіка споживання теплової енергії на опалення, бачимо стрибок у грудні 2017 року, що обумовлене досить холодною зимою того року.

Споживання теплової енергії на ГВП за місяцями зобразимо на рисунку 2.4.

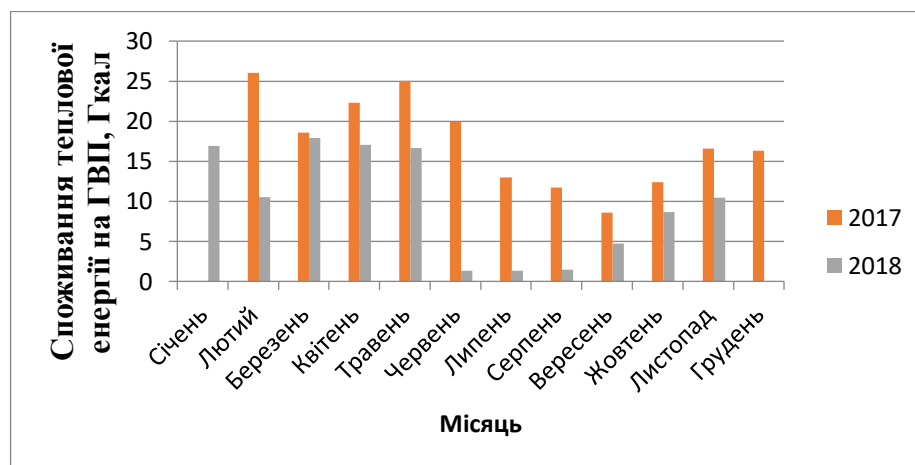


Рисунок 2.4 – Графік споживання теплової енергії на ГВП за 2017-2018рр.

Споживання гарячої води у будинку було майже відсутнє з липня до листопаду 2017 та з червня до вересня 2018 через аварійні та планові відключення. А також повністю відключене споживання гарячої води протягом 2019 року. В багатьох квартирах через це були встановлені бойлери.

Витрату сумарної теплової енергії в Гкал за останні три роки покажемо на рис. 2.5.

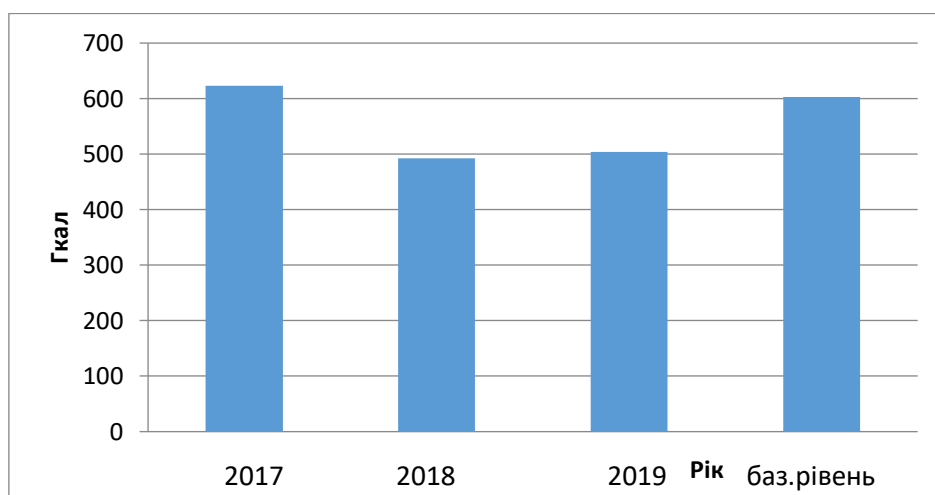


Рисунок 2.5 – Витрати теплової енергії в Гкал за 2017-2019 рр.

Витрату сумарної теплової енергії в приведених одиницях кВт·год/м² за останні три роки покажемо на рис. 2.6.

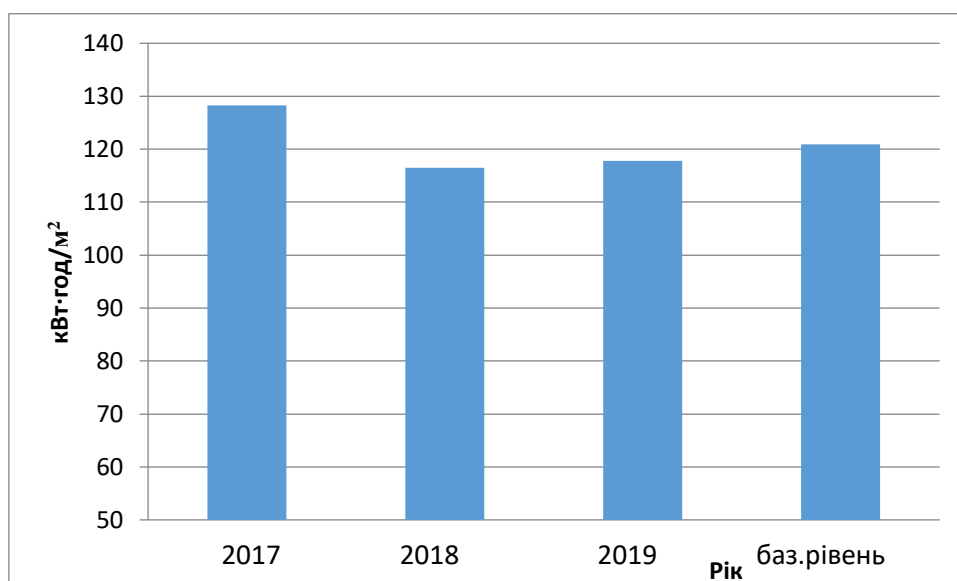


Рисунок 2.6 – Витрати теплової енергії в кВт·год/м² за 2017-2019 рр.

Витрату сумарної теплової енергії в грошових одиницях за останні три роки покажемо на рис. 2.7.

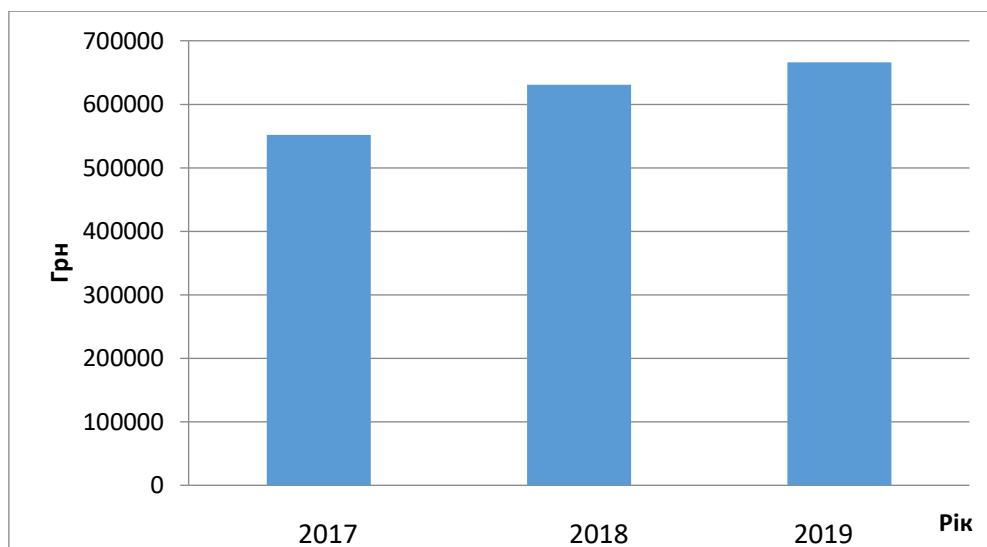


Рисунок 2.7 – Витрати теплової енергії в грошових одиницях за 2017-2019рр.

2.2.3 Електропостачання

За ступенем надійності постачання електричної енергії в житловому будинку відноситься до другої категорії споживачів. Електропостачання житлового будинку здійснюється за магістральною схемою електричних мереж. Розподіл електричної енергії відбувається кабельними лініями 0,38кВ.

Межа балансової належності між будівлею та постачальною організацією проходить за рівнем напруги 0,4 кВ. Живлення здійснюється від ТП 988. У ТП встановлено два трансформатор ТТН 315, ввід трьохфазної мережі до будинку виконаний кабелем АВВГ 4х95, його довжина складає 120 м. Дані про споживання електричної енергії зведемо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Річне споживання електричної енергії за 2017-2019 рр.

№	Місяць	2017		2018		2019	
		кВт·год	Грн	кВт·год	грн	кВт·год	Грн.
1	Січень	19691,4	15556	21012	27105	18371	30863,28
2	Лютий	19804	15645	20728	26739	22970	38589,6
3	Березень	17350	17177	16919	28425	20056	33694,08
4	Квітень	18132	17951	17368	29178	19760	33196,8
5	Травень	15824	15666	16278	27347	19223	32294,64
6	Червень	15858	15699	17742	29806	18699	31414,32
7	Липень	18006	17826	16851	28310	18276	30703,68
8	Серпень	17553,2	17378	18855	31676	18358	30841,44

Продовження таблиці 2.6

9	Вересень	17721	22860	17666	29679	16192	27202,56
10	Жовтень	17644	22761	21137	35510	18683	31387,44
11	Листопад	21088	27204	25593	42996	22456	37726,08
12	Грудень	20021	25827	20266	34047	21594	36277,92
Σ	Всього	218693	231549	230415	370818	234638	394191,8

Споживання електричної енергії за місяцями зобразимо на рисунку 2.8

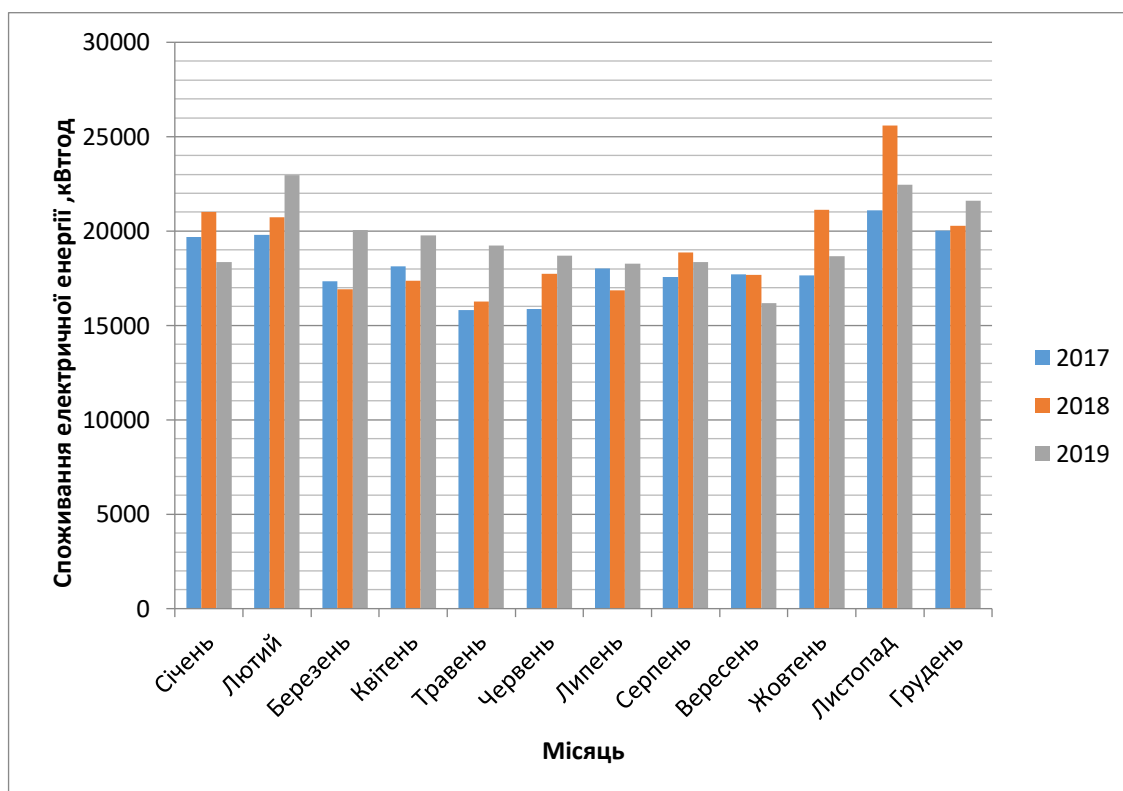


Рисунок 2.8 – Графік споживання електричної енергії за 2017-2019рр.

З графіка споживання електричної енергії можемо спостерігати, що електрична енергія споживається рівномірно протягом даного періоду.

Дані про споживання електричної енергії ліфтами та сходовими клітинами зведемо до таблиці 2.7. У лютому 2017 року відбулась заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи на сходових клітинах (на рисунку 2.9 зображено зменшення споживання сходами активної енергії).

Таблиця 2.4 – Річне споживання електричної енергії місцями загального користування за 2017-2019 рр.

№	Місяць	2017		2018		2019	
		Ліфт кВт·год	Сходи грн.	Ліфт кВт·год	Сходи грн.	Ліфт кВт·год	Сходи грн.
1	Січень	415,33	1022,67	423,5	962,8	350	402
2	Лютий	437	1051	420,3	629,8	427	717
3	Березень	390	988	392,2	520,4	388	385
4	Квітень	419	1029	431	587	439	441
5	Травень	407	926	395	449	456	380
6	Червень	408	837	433,6	376,2	459	299
7	Липень	399	796,9	417,4	345,8	442	256
8	Серпень	411,6	838,9	434	348	422	282
9	Вересень	420	856	402	316	438	357
10	Жовтень	442	878	416	364	460	377
11	Листопад	459	1088	445	506	446	343
12	Грудень	422	1073	399	465	451	425
Σ	Всього	5029,93	11384,47	5009	5870	5178	4664

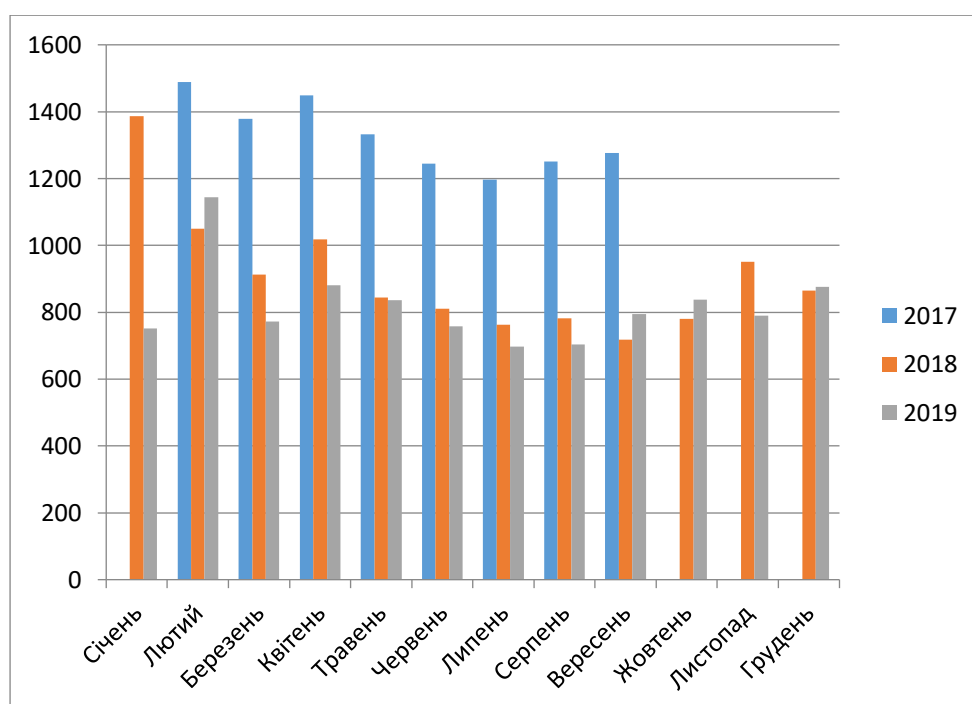


Рисунок 2.9 – Графік споживання сходовими клітинами активної енергії

2.3 Побудова балансу споживання електричної енергії житловим будинком

Складемо баланс споживання електроенергії житловим будинком і зобразимо його на рис. 2.10.

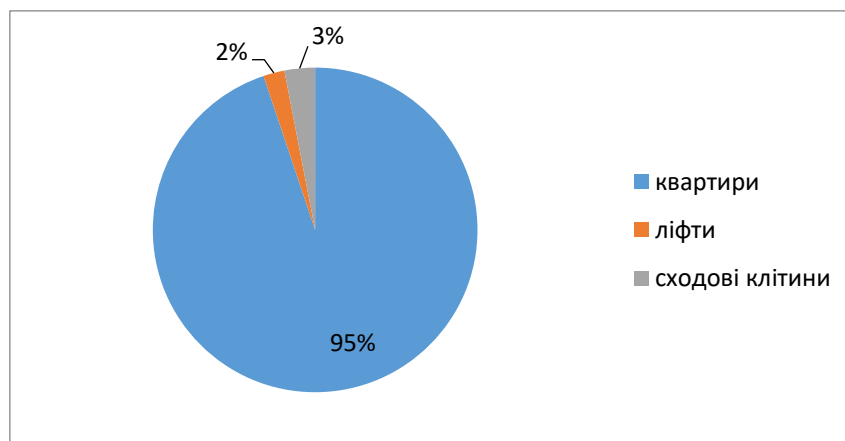


Рисунок 2.10 – Баланс споживання електричної енергії за 2016-2018 рр.

Як можемо спостерігати з діаграми, квартири споживають 95% всієї електричної енергії.

2.4 Обстеження стану огорожувальних конструкцій

Зовнішні стіни будівлі виконані із одношарової к/б панелі товщиною 0,4 м – для трьох нижніх поверхів та 0,35 м – для інших. Зовнішні стіни не мають видимих пошкоджень.

Фото зовнішніх стін будівлі представлені на рис. 2.11.



Рисунок 2.11 – Зображення зовнішніх стін будівлі

Світлопрозорі огорожувальні конструкції складаються з :

- 80,04 % вікна в металопластикових рамах з потрійним склінням;
- 17,56 % вікна в дерев'яних рамах з подвійним склінням в квартирах;
- 2,4 % вікна в дерев'яних рамах в під'їздах.

При візуальному огляді віконних конструкцій було виявлено, що значні втрати теплової енергії відбуваються через дерев'яні вікна та вікна у під'їздах. Більшість робіт по встановленню металопластикових вікон було виконано якісно (у місцях з'єднання віконних рам з стінами проведене шпаклювання). Проте деякі вікна в металопластикових рамах низької якості, що призводить до теплових втрат. Фото світлопрозорих огорожувальних конструкцій представлені на рис. 2.12.

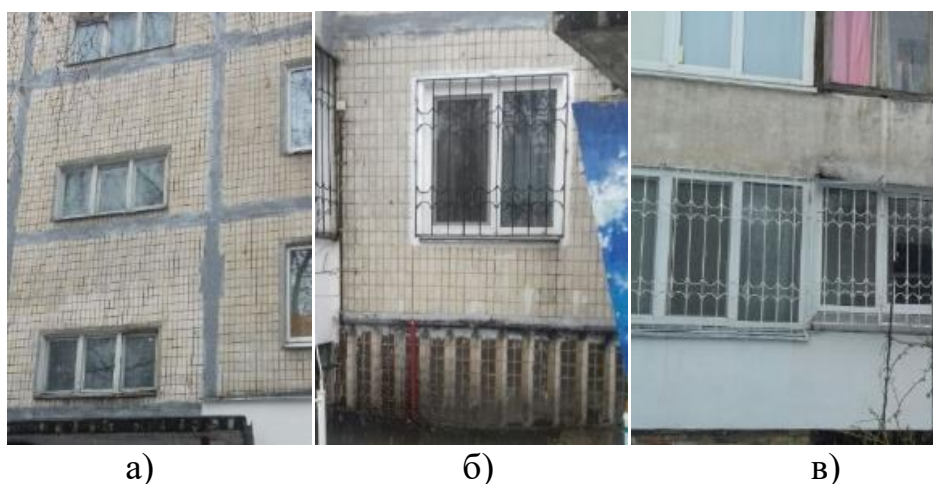


Рисунок 2.12 – Зображення вікон у будинку

Вхідні двері під'їзду – металеві. Наявний тамбур вхідної групи, другі двері дерев'яні (але дерев'яні двері відчинені 60% часу протягом доби). Фото дверей, зображені на рис. 2.13.



Рисунок 2.13 – Фото вхідних дверей під'їзду

Будівля має плоский дах, що має м'яке, рулонне, тришарове покриття з руберойду, з внутрішнім водостоком. Площа даху складає 714,31 м². Зображення схеми плоского даху показано на рис. 2.14.

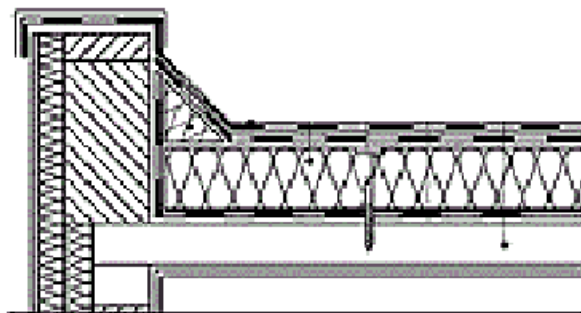


Рисунок 2.14 – Зображення схеми плоского даху

Підлога розташована над неопалювальним підвалом. Висота підвалу становить 2,5 м. Площа підлоги складає 714,31 м². Зображення схеми підлоги показано на рисунку 2.15.

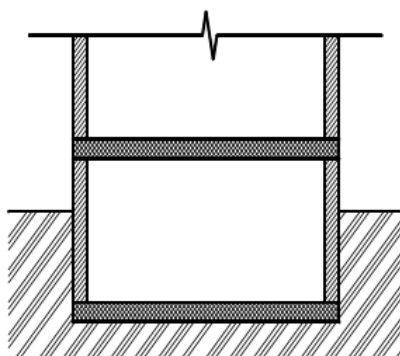


Рисунок 2.15 – Зображення схеми підлоги в будівлі

Тепловтрати приміщень у житлових і цивільних будівлях складаються з тепловтрат через зовнішні захищення (стіни, вікна, підлоги, перекриття) і витрат теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується в приміщення через нещільність в конструкціях.

Розрахунок тепловтрат приміщення полягає у визначенні всіх сумарних тепловтрат через огорожувальні конструкції (зовнішні захищення) і для всіх опалювальних приміщень.

2.5 Розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції

Втрати теплоти, Вт, через огорожувальні конструкції будівлі визначаються за формулою:

$$Q = F \cdot K \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{п.о.}}) \cdot (1 + \Sigma\beta) \cdot n, \quad (2.1)$$

де F – площа огорожувальних конструкцій, м^2 ;

K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$t_{\text{вн.}}$ – температура всередині приміщення, $t_{\text{вн.}} = 18^\circ\text{C}$ [32];

$t_{\text{п.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, приймається рівною температурі найхолоднішої п'ятиденки, $t_{\text{п.о.}} = -22^\circ\text{C}$ для першої температурної зони, в якій знаходиться місто Київ [33];

$\Sigma\beta$ – сумарні додаткові втрати теплоти у відсотках від основних тепловтрат [16];

n – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур, залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря [32].

2.5.1 Розрахунок втрат теплоти через зовнішні стіни

Загальна площа зовнішніх стін складає $F_c = 2524,1 \text{ м}^2$.

Склад стін будівлі:

- керамічна фасадна плитка;
- одношарова панель;
- цементно-піщана штукатурка.

Сумарний термічний опір глухих стін розраховується за формулою:

$$R_c = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (2.2)$$

де δ_1 – товщина панелі, $\delta_1 = 0,4 \text{ м}$;

λ_1 - теплопровідність панелі з залізобетону, $\lambda_1 = 2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$;

δ_2 - товщина керамічної плитки, $\delta_2 = 0,011\text{м}$;

λ_2 - теплопровідність товщина керамічної плитки, $\lambda_2 = 1,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$;

δ_3 - товщина шару цементно-піщаної штукатурки, $\delta_3 = 0,01\text{м}$;

λ_3 - теплопровідність цементно-піщаної штукатурки, $\lambda_3 = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$

α_1 - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі, $\alpha_1 = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{ }^\circ\text{C}}$;

α_2 - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі, $\alpha_2 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{ }^\circ\text{C}}$.

Підставивши значення у формулу (2.2), отримаємо:

$$R_c = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{2,04} + \frac{0,011}{1,1} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,38 \frac{\text{м}^2\text{ }^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни визначимо за формулою:

$$K_c = \frac{1}{R_c} \quad (2.3)$$

Підставивши дані у формулу (2.3), отримаємо:

$$K_c = \frac{1}{0,38} = 2,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для стін :

$$R_{q\min} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{K}}{\text{Вт}}; \quad R_{q\min} > R_{cm}.$$

Значення термічного опору не відповідають нормативним. Тому рекомендується виконати утеплення фасадів.

Визначимо втрати теплоти для зовнішніх стін: значення β для північної стіни становитиме 10%, для східної та західної – по 5%, для південної 0%.

Площі стін мають наступні значення:

- площа північних стін складає 231,43 м²;
- площа південних стін – 231,43 м²;
- площа східних стін – 941,09 м²;
- площа західних стін – 1120,15 м².

Підставивши дані у формулу (2.1), отримаємо втрати теплоти через зовнішні стіни:

$$Q_{3,cm}^{nd} = 231,43 \cdot 2,63 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 24361,05 Bm;$$

$$Q_{3,cm}^{3x} = 1120,15 \cdot 2,63 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 123806,05 Bm;$$

$$Q_{3,cm}^{nn} = 231,43 \cdot 2,63 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 26797,16 Bm;$$

$$Q_{3,cm}^{cx} = 941,09 \cdot 2,63 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 104015,21 Bm;$$

$$Q_{3,cm}^{\Sigma} = 24361,05 + 123806,05 + 26797,16 + 104015,21 = 278979,47 Bm = 0,24 \frac{Гкал}{год}.$$

Результати розрахунків зведемо до таблиць 2.6, 2.7, 2.8.

2.5.2 Розрахунок втрат теплоти через світлопрозорі огорожувальні конструкції

Загальна площа вікон складає $F_B = 1395,45 \text{ м}^2$. Вікна в будинку є трьох типів.

Дерев'яні з подвійним склінням. Тоді термічний опір дерев'яних вікон визначаємо за формулою:

$$R_{\epsilon 1} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{2\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_{nz}}{\lambda_{nz}} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (2.4)$$

де δ_c - товщина одного скла, $\delta = 0,004 \text{ м}$;

λ_c - теплопровідність скла, $\lambda = 0,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{С}}$;

$\delta_{nz} = 0,025 \text{ м}$ - відстань між склом;

λ_{nz} - теплопровідність повітряного зазору, $\lambda_{nz} = 3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{С}}$.

Підставивши значення у формулу (2.4), отримаємо:

$$R_{e1} = \frac{1}{8} + \frac{2 \cdot 0,004}{0,76} + \frac{0,025}{3} + \frac{1}{23} = 0,19 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}.$$

Підставивши дані в формулу (2.3), отримаємо:

$$K_{b1} = \frac{1}{0,19} = 5,34 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}.$$

Металопластикові вікна з потрійним склінням. Відстань між склом $\delta_c = 0,012 \text{ м}$. Тоді термічний опір металопластикових вікон такого типу розрахуємо за формулою (2.4).

$$R_{e2} = 0,49 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}};$$

Підставивши дані в формулу (2.3), отримаємо:

$$K_{b2} = \frac{1}{0,49} = 2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}.$$

Дерев'яні вікна в під'їзді з подвійним склінням. Відстань між склом $\delta_c = 0,02 \text{ м}$. Тоді термічний опір дерев'яних вікон розрахуємо за формулою (2.4):

$$R_{\text{в3}} = \frac{1}{8} + \frac{2 \cdot 0,004}{0,76} + \frac{0,02}{3} + \frac{1}{23} = 0,186 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} ;$$

Підставивши дані в формулу (2.3) , отримаємо:

$$K_{\text{в3}} = \frac{1}{0,186} = 5,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для вікон:

$$R_{q\text{min}} = 0,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} .$$

Значення термічного опору вікон не відповідають нормативним. Навіть нові встановлені пластикові вікна не відповідають мінімальному нормативному значенню термічного опору.

Розрахуємо втрати через вікна для кожного типу. Підставивши дані у формулу (2.1), отримаємо:

$$Q_{\text{в1}}^{\text{cx}} = 122,53 \cdot 5,26 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 27086,29 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{в2}}^{\text{cx}} = 558,21 \cdot 2,04 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 47846,31 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{в1}}^{3x} = 84,75 \cdot 5,26 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 18733,27 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{в2}}^{3x} = 386,06 \cdot 2,04 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 33091,2 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{в1}}^{\text{nh}} = 19,17 \cdot 5,26 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 4439,84 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{в2}}^{\text{nh}} = 87,34 \cdot 2,04 \cdot (18 - (-22)) \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 7842,72 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{в1}}^{\text{nd}} = 19,17 \cdot 5,26 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 4036,22 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{в2}}^{\text{nd}} = 87,34 \cdot 2,04 \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 7129,74 \text{ Вт}.$$

Прийmemo для сходових клітин $t_{\text{вн.}} = 8^\circ\text{C}$ [16]. Тоді:

$$Q_{63}^{3x} = 30,87 \cdot 5,38 \cdot (8 - (-22)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 5228,59 \text{ Bm};$$

$$Q_8^{\Sigma} = 27086,29 + 47846,31 + 18733,27 + 33091,2 + 5228,59 +$$

$$+ 4439,84 + 7842,72 + 4036,22 + 7129,74 = 155434,2 \text{ Bm} = 0,13 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Результати розрахунків зведемо до таблиць 2.6, 2.7, 2.8.

2.5.3 Розрахунок втрат теплоти через дах

Склад даху будівлі:

- залізобетонна плита ;
- цементно-піщана стяжка;
- руберойд;
- керамзит.

Термічний опір даху розраховується за формулою:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{3Б}}{\lambda_{3Б}} + \frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{\delta_{\kappa}}{\lambda_{\kappa}} + \frac{1}{\alpha_2}; \quad (2.5)$$

де $\delta_{3Б}$ - товщина залізобетонної плити, $\delta_{3Б} = 0,22 \text{ м}$;

$\lambda_{3Б}$ - теплопровідність залізобетонної плити, $\lambda_{3Б} = 2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$;

$\delta_{см}$ - товщина цементно-піщаної стяжки, $\delta_{см} = 0,01 \text{ м}$;

$\lambda_{см}$ - теплопровідність цементно-піщаної стяжки, $\lambda_{см} = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$;

δ_p - товщина руберойду, $\delta_p = 0,005 \text{ м}$;

λ_p - теплопровідність руберойду, $\lambda_p = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$;

δ_{κ} - товщина керамзиту, $\delta_{\kappa} = 0,1 \text{ м}$;

λ_{κ} - теплопровідність керамзиту, $\lambda_{\kappa} = 0,13 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$.

Підставивши значення у формулу (2.5), отримаємо:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{0,1}{0,13} + \frac{1}{12} = 1,12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}};$$

Підставивши дані в формулу (2.3), отримаємо:

$$K_{\partial ax} = \frac{1}{1,12} = 0,89 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для даху :

$$R_{q\min} = 4,95 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}; \quad R_{q\min} > R_{\partial ax1}.$$

Значення термічного опору не відповідає нормативному.

Оскільки наявний технічний поверх, то приймаємо $t_{вн}=8^{\circ}C$ [16], тоді втрати теплоти через дах обчислюються за формулою:

$$Q_{\partial ax} = F_{\partial ax} \cdot (t_{вн} - t_3) \cdot n \cdot K_{\partial ax}, \quad (2.6)$$

де $F_{\partial ax}$ – площа даху;

$t_{вн}$ – внутрішня температура;

t_3 – зовнішня температура;

$K_{\partial ax}$ – коефіцієнт теплопередачі даху;

n – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур, залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря [16].

Підставивши дані в формулу (2.6) , отримаємо:

$$Q_{\partial ax} = 714,31 \cdot (8 - (-22)) \cdot 1 \cdot 0,89 = 19133,3 Bm = 0,017 \frac{Гкал}{год}.$$

Результати розрахунків зведемо до таблиць 3.5, 3.6, 3.7.

2.5.4 Розрахунок втрат теплоти через двері

Загальна площа головних дверей складає $F_{\partial d} = 4,92 m^2$. Термічний опір залізних дверей розраховується за формулою:

$$R_{ГД} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_{ym}}{\lambda_{ym}} + \frac{1}{\alpha_2}; \quad (2.7)$$

де δ - товщина одного листа сталі, $\delta_c = 0,002\text{м}$;

λ - теплопровідність сталі, $\lambda_c = 58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{С}}$;

δ - товщина утеплювача, $\delta_{ym} = 0,036\text{м}$;

λ - теплопровідність утеплювача, $\lambda_{ym} = 0,055 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{С}}$;

Підставивши значення у формулу (3.7), отримаємо:

$$R_{ГД} = \frac{1}{8} + \frac{2 \cdot 0,002}{58} + \frac{0,036}{0,055} + \frac{1}{23} = 0,82 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}};$$

Підставивши дані в формулу (2.3), отримаємо:

$$K_{ГД} = \frac{1}{0,82} = 1,22 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Загальна площа допоміжних дверей складає $F_{\text{Д}} = 4,92\text{м}^2$. Термічний опір дерев'яних дверей розраховується за формулою:

$$R_{\text{ДД}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ДД}}}{\lambda_{\text{ДД}}} + \frac{1}{\alpha_2}; \quad (2.8),$$

де $\delta_{\text{ДД}}$ - товщина дверей, $\delta_{\text{ДД}} = 0,025\text{м}$;

$\lambda_{\text{ДД}}$ - теплопровідність дерева, $\lambda_{\text{ДД}} = 0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{С}}$.

Підставивши значення у формулу (2.8), отримаємо:

$$R_{\text{ДД}} = \frac{1}{8} + \frac{0,025}{0,2} + \frac{1}{23} = 0,28 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}.$$

Підставивши дані в формулу (2.3), отримаємо:

$$K_{\text{ДД}} = \frac{1}{0,28} = 3,57 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Для I зони, значення мінімального термічного опору для дверей :

$$R_{q\min} = 0,6 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}; \quad R_{q\min} > R_{D1}; R_{q\min} > R_{D2}.$$

Значення термічного опору дверей не відповідає нормативному.

Підставивши дані в формулу (2.1), обчислимо втрати через двері:

$$\begin{aligned} Q_{\partial 1}^{3x} &= 4,92 \cdot 1,22 \cdot (0 - (-22)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 138,6 Bm; \\ Q_{\partial 2}^{3x} &= 4,92 \cdot 3,57 \cdot (8 - 0) \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 = 147,6 Bm; \\ Q_{\partial}^{\Sigma} &= 138,6 + 147,6 = 286,2 Bm = 0,00025 \frac{Гкал}{год}. \end{aligned}$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 2.6 , 2.7, 2.8.

2.5.5 Розрахунок втрат теплоти через підлогу

Оскільки підлога не утеплена на ґрунті, розділимо її на чотири зони для знаходження тепловтрат (рис. 2.16).

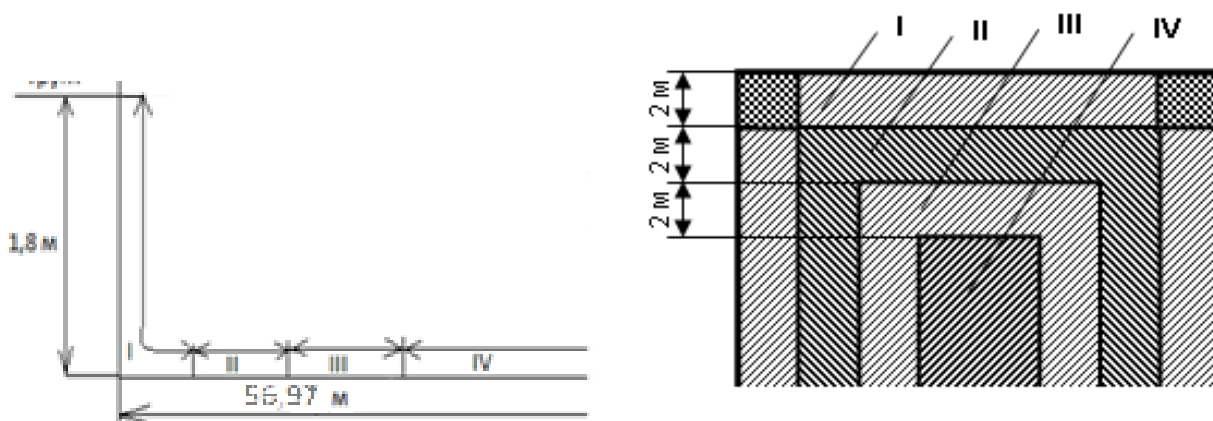


Рисунок 2.16 – Розділення площі підлоги на зони

Зведемо дані по площам та опорам теплопередачі відповідних зон підлоги в таблицю 2.5.

Частина площі першої зони , яка прилягає до кута зовнішніх стін, має підвищені тепловтрати і враховується двічі [32].

Таблиця 2.5 – Дані для розрахунку тепловтрат по зонам

Зона	I	II	III	IV - площа підлоги, яка залишилася
Термічний опір, $(m^2 \cdot K) / Bm$	$R_{H.I}^I$	$R_{H.II}^{II}$	$R_{H.III}^{III}$	$R_{H.IV}^{IV}$
	2,15	4,3	8,6	14,2
Площа зони, m^2	322,65	274,12	242,12	386,62

Втрати теплоти через підлогу визначаються за формулою:

$$Q_{\text{підл}} = \left(\frac{F_I}{R^I} + \frac{F_{II}}{R^{II}} + \frac{F_{III}}{R^{III}} + \frac{F_{IV}}{R^{IV}} \right) (t_{\text{вн.}} - t_{\text{р.о.}}). \quad (2.9)$$

Підставимо відповідні значення в формулу (2.9), маємо:

$$Q_{\text{підл}} = \left(\frac{322,65}{2,15} + \frac{274,12}{4,3} + \frac{242,12}{8,6} + \frac{386,62}{14,2} \right) \cdot (18 - (-22)) = 10767,96 \text{ Вт.}$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 2.6, 2.7, 2.8.

Зведемо нормативні та розрахункові термічні опори до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Нормативні та розрахункові термічні опори

Вид огорожувальної конструкції	Значення $R, \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$		Відхилення від нормативного
	Нормативні	Розрахункові	
Зовнішні стіни	3,3	0,38	В 8,6 рази
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,19 / 0,49 / 0,186	В 4 / 1,5 / 4 рази
Дах	4,95	1,12	В 4,4 рази
Зовнішні двері	0,6	0,82	В нормі

2.5.6 Результати розрахунків

Результати розрахунків коефіцієнтів теплопередачі огорожувальні конструкції зведемо у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Коефіцієнти теплопередачі огорожувальних конструкцій

ОК	Шар	δ , м	λ , Вт/м·°C	$\alpha_{\text{вн}}$, Вт/м²·°C	$\alpha_{\text{з}}$, Вт/м²·°C	R , м²·°C/Вт	K , Вт/м²·°C
ЗС	Плитка	0,011	1,1	8,7	23	0,38	2,6
	Панель	0,4	2,04				
	Штукатурка	0,01	0,81				
В ₁	Скло	2·0,004	0,76	8	23	0,19	5,34
	Повітряний зазор	0,025	3				
В ₂	2 камери					0,49	2,04
В ₃	Скло	2·0,004	0,76			0,186	5,38
	Повітряний зазор	0,02	3				
Дах	Залізобетонні плити	0,22	2,04			1,12	0,89
	Руберойд	0,005	0,17				
	Керамзит	0,1	0,13				
	Стяжка	0,01	0,81				
Двер ₁	Сталь	2·0,002	58	8	23	0,82	1,22
	Утеплювач	0,036	0,055				
Двер ₂	Дерево	0,025	0,2			0,28	3,57

Результати розрахунків втрат теплоти через огорожувальні конструкції зведемо у таблицю 2.8.

Тепловтрати через зовнішнє огороження зобразимо у вигляді кругової діаграми на рисунку 2.17.

Таблиця 2.8 – Втрати теплоти через огорожувальні конструкції

ОК	Тип	Орієнтація ОК	Площа ОК, м²	$K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	n	$1+\Sigma \beta$	$Q_o, \text{Вт}$
ЗС	Цегляні	Пд.	231,43	2,63	40	1	1	24361,05
		Зх.	1120,15			1	1,05	123806,1
		Пн.	231,43			1	1,1	26797,16
		Сх.	941,09			1	1,05	104015,2
В	Дерев'яні	Сх.	122,53	5,26	40	1	1,05	27086,29
		Зх.	84,75			1	1,05	18733,27
		Пн.	19,17			1	1,1	4439,84
		Пд.	19,17			1	1	4036,22
	Металопластикові (3 камери)	Сх.	558,21	2,04	1	1,15	47846,31	
		Зх.	386,06		1	1,1	33091,2	
		Пн.	87,34		1	1,1	7842,72	
		Пд.	87,34		1	1	7129,74	
	Дерев'яні в під'їзді	Зх.	30,87	5,38	30	1	1,05	5228,59
	Две Рі	Сталеві	Зх.	4,92	1,22	22	1	1,15
Дерев'яні		Зх.	4,92	3,57	8	1	1,15	147,6
Дах	Плоский		714,31	0,89	30	1		19133,3
Під Лога	Зона I		322,65	2,15				10767,96
	Зона II		274,12	4,3				
	Зона III		242,12	8,6				
	Зона IV		386,62	14,2				
							$Q_{\Sigma OK} = 464601,13 \text{ Вт}$	

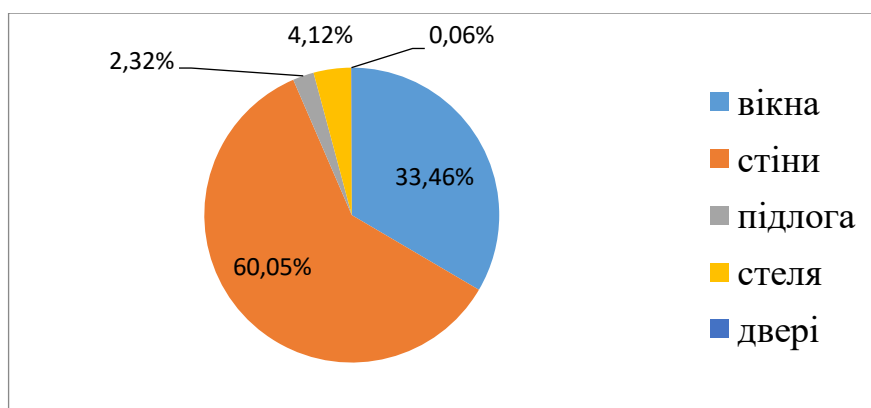


Рисунок 2.17 – Тепловтрати через зовнішнє огородження

Висновки

В даному розділі :

1. Проаналізовано споживання ПЕР житловою будівлею протягом трьох останніх років (2017, 2018, 2019 рр.), за допомогою побудови графіків споживання:

- з графіка споживання теплової енергії на опалення, бачимо стрибок у грудні 2017 року, що обумовлене досить холодною зимою;

- споживання гарячої води у будинку було майже відсутнє з липня до листопаду 2017 та з червня до вересня 2018 через аварійні та планові відключення.

А також повністю відключене споживання гарячої води протягом 2019 року. В багатьох квартирах через це були встановлені бойлери;

- с графіка споживання електричної енергії можемо спостерігати, що електрична енергія споживається рівномірно протягом даного періоду;

- дані про споживання електричної енергії ліфтами та сходовими клітинами зведемо до таблиці 2.7. У лютому 2017 року відбулась заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи на сходових клітинах.

2. Побудовано баланс споживання електричної енергії житловою будівлею, за яким 95% електричної енергії споживають квартири і лише малу частину електричної енергії споживають ліфти та сходові клітини.

3. Проведено розрахунок втрат теплоти через зовнішні огороження житлової будівлі. Розраховувалися втрати через вікна, стіни, підлогу, стелю та дах.

Найбільші тепловтрати спостігаються через стіни – 60% та вікна - 33,5%.

3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЛОВОЮ БУДІВЛЕЮ

3.1 Оцінка стану інженерних систем, систем обліку і моніторингу споживання житлової будівлі

Інженерне обладнання житлової будівлі - це комплекс технічних пристроїв, що забезпечують комфортні умови побуту. Комплекс цих пристроїв призначений для опалення, охолодження, кондиціонування, вентиляції, постачання гарячої води, освітлення будівлі або її частини чи для поєднання цих функцій .

Житловий будинок використовує теплову енергію для централізованого опалення (ЦО) та для забезпечення гарячим водопостачанням (ГВП). Теплоносієм в будинку є вода.

За використану теплову енергію жителі будинку сплачують за показниками двох лічильників за діючим тарифом 1654,41 грн/Гкал. За електричну енергію сплачують за показами одного лічильника NIK 2103 АП2, за діючим тарифом 1,68 грн/кВт·год.

3.2 Опис систем обліку житлової будівлі

Облік теплової енергії в житловому будинку ведеться 2 лічильниками. Загальний лічильник - ультразвуковий теплोलічильник SONOMETER 2000, який має модульну конструкцію та відповідає ДСТУ 3339-96 [33]. Даний лічильник був встановлений у будинку у 2006 році. Теплोलічильник розроблений для комерційного обліку теплової енергії в відкритих та закритих системах опалення та централізованого тепло споживання при температурі теплоносія до 150°C.

Основні дані теплोलічильника:

- висока точність виміру теплової енергії;
- широкий діапазон допустимих розходів;
- температура холодної води вимірюється чи задається програмно;
- дані зраховуються за допомогою оптичного інтерфейсу;
- глибина архіву-15 років;
- реєстрація помилок з вказаною датою та часом;

- відсутність зносу та поломок завдяки відсутності рухомих частин ;
- можливість як горизонтального, так і вертикального монтажу.

Додатковими функціями є:

- резервна батарея на випадок відключення основного живлення;
- запам'ятовування і вивід даних станом на вказаний день;
- вивід даних на дисплей згідно специфікації замовника.

Схема реконструкції інженерного вводу житлового будинку представлена у додатку 1, схема індивідуального теплового пункту представлена у додатку 2.

INFOCAL 5 OS має вбудовану функцію друку, що дає можливість роздруковувати дані на принтері безпосередньо без підключення до комп'ютера.

У 2017 році в будинку був встановлений тепловий лічильник СВТУ-11Т.

Лічильник призначений для високоточного виміру відпущеної чи спожитої кількості теплоти

- ультразвуковий принцип роботи;
- глибина почасового архіву – 70 діб, подового - 1 година;
- вбудована система самодіагностики с можливістю архівування інформації про помилки;
- можливість підключення лічильника до комп'ютера;
- середній термін служби -12 років.

Облік холодної води здійснюється лічильником Новатор ЛК-15Х. Це побутовий лічильник води, що використовується в житлових будівлях. Облік гарячої води здійснюється лічильником Новатор ЛК-15Г.

Облік електричної енергії здійснюється лічильником NIK 2103 АП2. Це трифазний лічильник, що має наступні характеристики:

- в лічильнику передбачений захист від крадіжки електроенергії;
- споживання електроенергії самим лічильником майже рівне 1;
- робоча температура від -40 до +55С;
- клас точності 1.

3.3 Показники енергетичної ефективності

Енергетичну ефективність будівлі представляють загальним показником EP, який відносять до кондиціонованої площі A_f .

EP представляють:

- первинною енергією (E_p) - як основним показником енергетичної ефективності;

- викидами CO_2 - як додатковим показником енергетичної ефективності.

Показники повинні базуватися на розрахованій енергетичній оцінці.

Загальний показник енергоефективності будівлі EP повинен визначатися за умовою: $EP \leq EP_{max}$,

де EP – розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі :

$$EP = (Q_{H\ nd} + Q_{C\ nd} + Q_{DHW\ nd}) / A_f = 368836 / 3200 = 115,3 \text{ кВт* год/м}^3$$

Згідно табл.1 ДБН В.2.6-31:2016 для навчальних закладів значення $EP_{max} = 83 \text{ кВт* год/м}^3$.

Отже, умова не виконується: $115,3 \leq 83$

Визначення класу енергетичної ефективності будинку:

Визначаємо згідно табл.2 ДБН В.2.6-31:2016 [34] за різницею в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат .

$$[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] \cdot 100\% = [(115,3 - 83) / 83] \cdot 100\% = 38,9\%$$

Згідно з ДБН В.2.6-31(див.рис.3.1) дана житлова будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «Е».

Класи енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребою	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотребы EP від максимально допустимого значення EP_{max} , $[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] \cdot 100 \%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

Рисунок 3.1- Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

3.4 Прогнозування споживання енергії житловим будинком

3.4.1 Узагальнена математична модель прогнозування споживання енергії житловим будинком

Для прогнозування параметрів місячного споживання енергії використовується лінійний парний регресійний аналіз, який полягає у визначенні параметрів емпіричної лінійної залежності, що визначається за формулою:

$$y(x) = b_1 x + b_0. \quad (3.1)$$

що описує зв'язок між деяким числом N пар значень x_i та y_i , (наприклад., W , V), забезпечуючи при цьому найменшу середньоквадратичну похибку.

Нелінійна парна регресія зводиться до отримання заданої нелінійної залежності $y(x)$ (нелінійної за незалежною змінною x , але лінійною за параметрами цієї залежності), що наближує сукупність чисел x_i та y_i з найменшою середньоквадратичною похибкою.

При побудові рангового та видового розподілів часто використовується степенева регресія [35], знаходження параметрів функції $y = ax^{-b}$ за формулами:

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^N \ln x_i \ln y_i - \sum_{i=1}^N \ln x_i \sum_{i=1}^N \ln y_i}{N \sum_{i=1}^N (\ln x_i)^2 - (\sum_{i=1}^N \ln x_i)^2}, \quad (3.2)$$

$$a = \exp\left[\frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \ln y_i + b \sum_{i=1}^N \ln x_i\right)\right]. \quad (3.3)$$

Однією з різновидів степеневої регресії є степенева регресія із зваженими коефіцієнтами [35]:

$$D = \sum_{i=1}^N y_i [(y_i - y(x_i))^2] = \min, \quad (3.4)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i^2 \ln x_i) \sum_{i=1}^N (y_i^2 \ln y_i) - \sum_{i=1}^N y_i^2 \sum_{i=1}^N (y_i^2 \ln x_i \ln y_i)}{\sum_{i=1}^N y_i^2 \sum_{i=1}^N (y_i^2 \ln^2 x_i) - \sum_{i=1}^N (y_i^2 \ln x_i) \sum_{i=1}^N y_i^2 \ln x_i}, \quad (3.5)$$

$$a = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^N (y_i^2 \ln y_i) + b \sum_{i=1}^N (y_i^2 \ln x_i)}{\sum_{i=1}^N y_i^2} \right]. \quad (3.6)$$

При фіксуванні першої точки $a = y_i$. Значення b розраховують за формулою:

$$b = \frac{\ln a \sum_{i=1}^N y_i^2 - \sum_{i=1}^N (y_i^2 \ln y_i)}{\sum_{i=1}^N (y_i^2 \ln x_i)}, \quad (3.7)$$

Кореляційним моментом зв'язку двох випадкових величин X , Y називають математичне очікування добутку відхилень цих величин від їх математичних очікувань:

$$K_{XY} = M[(X - M_X)(Y - M_Y)]. \quad (3.8)$$

Для дискретної двовимірної випадкової величини кореляційний момент визначається формулою:

$$K_{XY} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_i - M_X)(Y_j - M_Y) P_{ij}, \quad (3.9)$$

де P_{ij} - ймовірність появи величини (X_i, Y_i) .

Коефіцієнтом кореляції двох випадкових величин X , Y називають число, що визначається відношенням кореляційного моменту до добутку середніх квадратичних відхилень цих величин:

$$r_{XY} = \frac{K_{XY}}{O_X O_Y}. \quad (3.10)$$

Як було сказано вище, коефіцієнт кореляції змінюється від -1 до 1. Для випадкових величин, що не корелюються, він дорівнює нулю.

Розглянемо дві випадкові величини: споживання W та об'єм виготовленої продукції V . В тих випадках, коли доводиться мати справу з декількома випадковими величинами, наприклад, як у розглянутому випадку з двома, математичне очікування та дисперсія характеризують кожну з цих величин окремо. Проте цікавить відповідь на питання: чи має вплив одна з величин на другу, чи є взаємозв'язок між величинами, що розглядаються. В нашому конкретному випадку,

коли виробництво виготовляє десятки видів продукції, треба визначити, від об'ємів якого конкретного виду продукції залежить електроспоживання в найбільшій мірі. Так як при одному і тому ж об'ємі виробництва конкретного виду продукції споживання може мати різну величину, тому можна казати про залежність середнього значення споживання від об'єму випуску. Для обчислення міри взаємозв'язку двох випадкових величин використовують поняття коваріації (або інша назва – момент кореляції):

$$K_{wv} = \sum_{i=1}^N ((W_i - W_{cp})(V_i - V_{cp})), \quad i=1, \dots, N, \quad (3.11)$$

де W та W_{cp} - споживання виробництва за i -у добу та його середнє значення, кВт·год;

V та V_{cp} - об'єм виготовленої продукції за i -у добу та його середнє значення.

Проте, оцінювати тісноту зв'язку двох випадкових величин через коваріацію не завжди зручно, бо вона залежить від дисперсії випадкових величин. Більш зручним виявляється використання коефіцієнту кореляції [36]:

$$R_{wv} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ((W_i - W_{cp})(V_i - V_{cp}))}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (W_i - W_{cp})^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (V_i - V_{cp})^2}}. \quad (3.12)$$

Вказана формула сприяє накопиченню помилок в процесі обчислень, тому для розрахунків використовують перетворений вираз:

$$R_{wv} = \frac{\sum_{i=1}^N W_i V_i - \frac{\sum_{i=1}^N W_i \sum_{i=1}^N V_i}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N W_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^N W_i\right)^2}{N}}} \sqrt{\sum_{i=1}^N V_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^N V_i\right)^2}{N}}, \quad (3.13)$$

де R характеризує міру відхилення зв'язку між W_i та V_i від лінійної. Якщо R близький до 1, то цей зв'язок лінійний, тобто $W_i = b_1 V + b_0$.

Для малої вибірки $N=20$ перевірка на значимість виконується за так званим z -критерієм, який був запропонований Р. А. Фішером для кореляційної моделі:

$$z = 0,5[\ln(1+R) - \ln(1-R)] . \quad (3.14)$$

Розрахункове значення критерію значимості для z дорівнює:

$$t_p = z\sqrt{N-3} . \quad (3.15)$$

Його потрібно порівняти з табличним критичним знаком t_{ip} Стюдента, взятому при рівні значимості $\alpha=0,05$. Якщо $t_p > t_{ip}$, то R значимий.

В залежності від мети дослідження матриці початкових даних V використовуються безпосередньо, або перетворюються в матриці центрованих даних Y [37] або нормалізованих Z даних.

В матриці Y елемент y_{ij} визначається наступним шляхом:

$$y_{ij} = x_{ij} - \bar{x}, \quad (3.16)$$

де $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij}$ - середнє значення i -ї змінної для N об'єктів ($i = 1, 2, \dots, n$).

В матриці нормалізованих даних Z елементів z_{ij} визначаються:

$$z_{ij} = \frac{(x_{ij} - \bar{x}_i)}{\sigma_i}, \sigma_i^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_i)^2, \quad (3.17)$$

де σ_i^2 - дисперсія i -ї змінної для N об'єктів.

Нормалізація даних використовується в тих випадках, коли розмірності компонент векторів X_j різні [38].

Фактори, які впливають на процес, що досліджується, нормалізуються та представляються у вигляді матриці спостережень $V(m \times N, m \leq N)$. В матриці спостережень V рядки – параметри (фактори), а стовпці – набори значень параметрів у одному замірі (експерименті). Одночасно із замірами параметрів виконуються заміри процесу W , що досліджуються (вектор-рядок).

Рівняння лінійної регресії для процесу W , що моделюється, має вигляд, кВт:

$$W = W_0 + k_1 V_1 + k_2 V_2 + \dots + k_m V_m + \varepsilon, m \leq N, \quad (3.18)$$

де $W_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N W_k$ - середнє значення процесу, що моделюється; k_i - постійні

коефіцієнти регресійної моделі, що визначаються за методом найменших квадратів;

ε_m - похибка моделі (нормально розподілена випадкова величина з нульовим середнім значенням та постійною дисперсією σ_ε).

У матричній формі вираз для вектору коефіцієнтів $K = (k_1, k_2, \dots, k_m)$ має вигляд:

$$K = (VV^T)^{-1}V(W - W_0)^T, \quad (3.19)$$

де $(W - W_0)$ - центрований вектор параметру, що моделюється.

Оцінка залишкової дисперсії параметру, що моделюється, виконується за формулою:

$$\sigma_\varepsilon = \frac{1}{N - m - 1} \left[\sum_{j=1}^N \left(W_j - W_0 - \sum_{i=1}^m k_i V_{ij} \right)^2 \right]. \quad (3.20)$$

АРПЗС- моделі (ARIMA) та її модифікації не припускають урахування зовнішніх факторів, що впливають на прогнозований процес. Для врахування зовнішніх факторів використовують APX та APCCX- моделі (ARX, ARMAX). Задано вектори спостережень ряду W та зовнішніх факторів V_j ;

$$\begin{aligned} W &= [W(1), W(2), \dots, W(t), \dots, W(N_c)]^T, \\ V_j &= [V_j(1), V_j(2), \dots, V_j(t), \dots, V_j(N_c)]^T, \\ j &= 1, 2, \dots, n_x, \end{aligned} \quad (3.21)$$

де N_c - кількість точок передісторії часових рядів $w(t)$ та $V_j(t)$; n_x - кількість зовнішніх факторів.

Відповідність між входом та виходом ARX- моделі описується лінійним різницеvim рівнянням, яке при одному зовнішньому факторі $V(t)$ має вигляд [39]:

$$W(t) + a_1 W(t-1) + \dots + a_{N_a} W(t-N_a) = k_0 V(t) + \dots + k_{N_k} V(t-N_k) + e(t), \quad (3.22)$$

$$W(t) = - \sum_{i=1}^{N_a} a_i W(t-i) + \sum_{i=0}^{N_k} k_i V(t-i) + e(t), \quad (3.23)$$

де a_i - коефіцієнти авторегресії ряду $w(t)$; k_i - коефіцієнти регресії $w(t)$ на фактор $v(t)$; N_a - порядок авто регресії часового ряду $w(t)$; N_k - порядок регресії $w(t)$ на зовнішній фактор $v(t)$; $e(t)$ - помилка моделі (білий шум).

Коефіцієнти a_i та k_i складають вектор параметрів моделі:

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_{N_a}, k_1, k_2, \dots, k_{N_k}]^T. \quad (3.24)$$

При декількох η зовнішніх факторах $V_1(t), V_2(t), \dots, V_\eta(t)$ модель можна записати наступним чином:

$$W(t) = -\sum_{i=1}^{N_a} a_i W(t-i) + \sum_{j=1}^{\eta} \sum_{i=0}^{N_j} k_{ji} V_j(t-i) + e(t), \quad (3.25)$$

де N_j - порядок регресії $w(t)$ на j -й фактор $V_j(t)$.

В даному випадку вектор параметрів моделі A буде мати вигляд:

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_{N_a}, k_{11}, k_{12}, \dots, k_{1N_1}, k_{21}, k_{22}, \dots, k_{2N_2}, k_{\eta 1}, k_{\eta 2}, \dots, k_{\eta N_\eta}]^T. \quad (3.26)$$

Загальне число параметрів у правій частині дорівнює:

$$n = N_a + \sum_{j=1}^{n_k} N_{k_j}. \quad (3.27)$$

Для отримання вектору параметрів моделі A [40] необхідно сформувати матрицю спостережень P розмірності $(N_c - n_m, n)$, де n_m визначається наступним чином:

$$n_m = \max[N_a + 1, N_1 + L_1, \dots, N_\eta + L_\eta] - 1, \quad (3.28)$$

де L_j - часова затримка для j -го фактору $V_j(t + L_j)$.

Таким чином, кількість рядків в матриці P менше тривалості передумови на n_m , тобто дорівнює $N_c - n_m$, а число стовпців дорівнює n .

У матриці P стовпцями є вектори досліджуваного процесу $w(t)$ та факторів, що впливають на нього $V_j(t)$ із зсувами у часі на величини: $m_w = 0, 1, \dots, N_a; m_{V(1)} = 0, 1, \dots, N_{k(1)}; m_{V(1)} = 0, 1, \dots, N_{k(1)}; \dots; m_{V(\eta)} = 0, 1, \dots, N_{k(\eta)}:$

$$P = [W V_1 V_2 \dots V_j \dots V_{n_k}], \quad (3.29)$$

де W, V_j - матриці, які мають наступну структуру:

$$\begin{aligned}
 W &= \begin{bmatrix} W(n_m) & W(n_m-1) & \dots & W(n_m-N_a+1) \\ W(n_m+1) & W(n_m) & \dots & W(n_m-N_a+2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W(N_c-1) & W(N_c-2) & \dots & W(N_c-N_a) \end{bmatrix} \\
 V_j &= \begin{bmatrix} V_j(n_m+1) & V_j(n_m) & \dots & V_j(n_m-N_{kj}+2) \\ V_j(n_m+2) & V_j(n_m+1) & \dots & V_j(n_m-N_{kj}+3) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_j(N_c) & V_j(N_c-1) & \dots & V_j(N_c-N_{kj}+1) \end{bmatrix}.
 \end{aligned} \tag{3.30}$$

За матрицею P обчислюється матриця-стовбець F за наступною формулою

$$F = P^T W, \quad W = [W(n_m+1), W(n_m+2), \dots, W(N_c)]^T. \tag{3.31}$$

та кореляційна матриця

$$R = P^T P. \tag{3.32}$$

Кореляційна матриця [41] R при одному зовнішньому факторі V має наступну структуру: $R = \begin{bmatrix} R_w & R_{wv} \\ R_{vw} & R_v \end{bmatrix}$, де R_w - квадратна матриця $(N_a \times N_a)$ коефіцієнтів авторегресії (коваріації) процесу $w(t)$, що досліджується; R_v - квадратна матриця $(N_k \times N_k)$ коефіцієнтів авторегресії (коваріації) фактору $v(t)$; R_{wv} - прямокутна матриця $(N_a \times N_k)$ коефіцієнтів регресії $w(t)$ на $v(t)$; R_{vw} - прямокутна матриця $(N_k \times N_a)$ коефіцієнтів регресії $v(t)$ на $w(t)$.

Коефіцієнти a_i та k_{ji} визначаються або із розв'язання системи рівнянь Юла-Уокера, або за методом найменших квадратів. Система рівнянь Юла-Уокера має наступний вигляд:

$$A = R^{-1} F. \tag{3.33}$$

Невідомі параметри a_i , k_{ji} отримуються з системи за методом Гаусу.

За методом найменших квадратів коефіцієнти a_i , k_{ji} отримуються з розв'язання наступної системи рівнянь:

$$W = A P^T. \tag{3.34}$$

Степінь адекватності ARX-моделі визначається наступним чином. Обчислюється дисперсія шуму моделі:

$$D_W = \frac{W^T W - F^T R^{-1} F}{N_c - n_m}. \quad (3.35)$$

та матриця коваріацій коефіцієнтів моделі a_i, k_{ji} .

Коефіцієнт адекватності моделі Акаїке обчислюється за формулою:

$$K_A = D_W \frac{1 + \frac{n}{N_c}}{1 - \frac{n}{N_c}}. \quad (3.36)$$

Для матриці спостережень X обчислюється вектор залишків (розузгоджень) між експериментальними та розрахунковими значеннями відгуку:

$$\hat{E} = Y - X\hat{B}. \quad (3.37)$$

та залишкова дисперсія, яка характеризує відхилення експериментальних точок від знайдених за рівнянням регресії:

$$S^2 = \frac{\hat{E}^T \hat{E}}{f} = \frac{\sum_{k=1}^N (\hat{y}_k - y_k)^2}{f}, \quad (3.38)$$

де $f = N - p - 1$ - кількість степенів свободи залишкової дисперсії.

Відношення:

$$R^2 = \frac{\sum_{k=1}^N (\hat{y}_k - y_k)^2}{\sum_{k=1}^N (y_k - \bar{y})^2}. \quad (3.39)$$

представляє собою множинний коефіцієнт кореляції та характеризує ефективність регресії. Якщо $\hat{Y} = Y$ (ідеальне прогнозування), то $R^2 = 1$.

Введення умови нормальності розподілення помилок E дозволяє провести статистичний аналіз помилок \hat{B} та залишкової дисперсії S^2 , а саме: здійснити перевірку значимості коефіцієнтів регресії, побудувати довірливі інтервали для коефіцієнтів та відклику, перевірити адекватність рівняння регресії [42].

Якщо математична модель, що постулюється, коректна, тобто її структура правильно відображає процеси у досліджуваному об'єкті, можна використовувати залишкову дисперсію відклику S^2 як оцінку для дисперсії перешкод σ_e^2 . На підставі цього дисперсії регресійних коефіцієнтів знаходимо за формулою

$$s^2(b_j) = s^2 c_{jj}, \quad (3.40)$$

де c_{jj} - діагональні елементи матриці C , яка є зворотною до матриці W .

Перевірка значимості регресійних коефіцієнтів виконується за розрахунковими t - відносинами:

$$t_j = \frac{\hat{b}_j}{s(b_j)}. \quad (3.41)$$

шляхом порівняння їх модулів з величиною t -критерію розподілення Стьюдента. Якщо:

$$|t| > t_{kp} \left(f, 1 - \frac{\alpha}{2} \right). \quad (3.42)$$

то параметр b_j , який розглядається, є статистично значимим, в іншому випадку він може бути виведений зі складу рівняння регресії. У виразі (3.80) $t_{kp} \left(f, 1 - \frac{\alpha}{2} \right)$ - таблична (критична) величина розподілення Стьюдента для кількості степенів свободи f та рівня значимості α , який в даному випадку характеризує ризик прийняття регресійного коефіцієнту[43] статистично значимим, хоча в дійсності він дорівнює 0.

Величини t_j можливість ранжувати фактори, які увійшли до рівняння регресії. Фактори, для яких $|t_j|$ мають більші значення, мають більший вплив на процес, а знак при коефіцієнті вказує на характер цього впливу.

Важливо мати надійне уявлення про можливі межі істинного значення параметру моделі, що оцінюється. Інтервал від $(\hat{b} - \delta_j)$ до $(\hat{b} + \delta_j)$, у якому з ймовірністю $P = 1 - \alpha$ знаходиться значення b_j , називається довірчим інтервалом регресійного коефіцієнту. Величина δ_j і довірчий інтервал визначається із відношень:

$$\delta_j = s(b_j) \cdot T_{kp} \left(f, 1 - \frac{\alpha}{2} \right), \quad (3.43)$$

$$(\hat{b}_j - \delta_j) \leq b_j \leq (\hat{b}_j + \delta_j). \quad (3.44)$$

Із ймовірністю $P=1-\alpha$ включає в себе істинне значення параметру b_j .

Довірчі інтервали коефіцієнтів b_j моделі не можна вважати незалежними, якщо оцінки \hat{b}_j корельовано, тобто поза діагональні елементи матриці C не дорівнюють 0.

Довірчі ліміти [44] для істинного значенні відклику при заданих значеннях X_{jk} отримуються з виразу:

$$\hat{y}_{jk} \pm t_{kp} \left(f, 1 - \frac{a}{2} \right) s \left[1 + \frac{1}{N} + \frac{(x_{jk} - \bar{x}_j)^2}{\sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (3.45)$$

Перевірку адекватності математичної моделі виконують шляхом розгляду відношення:

$$F_p = \frac{S_R^2}{S^2}, \quad (3.46)$$

де $S_R^2 = \frac{\sum_{k=1}^N (y_k - \bar{y})^2}{P}$ - дисперсія відклику відносного середнього.

Якщо виявиться, що

$$F_p > F_{kp}(\alpha, f_0, f). \quad (3.47)$$

то отримано статистично значиме рівняння регресії, адекватне експериментальним даним. Величина $F_{kp}(\alpha, f_0, f)$ - табличне значення розподілення Фішера, $f_0 = p$. При невиконання умови користуватися рівнянням регресії не має сенсу.

3.4.2 Практична реалізація узагальненої математичної моделі прогнозування споживання енергії житловим будинком

Можливість практичного застосування узагальненої математичної моделі прогнозування споживання енергії житлової будівлі покажемо на прикладі прогнозування споживання житловим будинком, що розташований за адресою м. Київ, вул. Механізаторів 7. Вихідні дані представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Вихідні дані:

Рік	Споживання енергії, кВт*год	Градусо-добы
01.01.2018	21012	739
01.02.2018	20728	642
01.03.2018	16919	432
01.04.2018	17368	310
01.05.2018	16278	129
01.06.2018	17742	46
01.07.2018	16851	35
01.08.2018	18855	16
01.09.2018	17666	43
01.10.2018	21137	379
01.11.2018	25593	450
01.12.2018	20266	594
01.01.2019	18371	764
01.02.2019	22970	529
01.03.2019	20056	462
01.04.2019	19760	218
01.05.2019	19223	96
01.06.2019	18699	37
01.07.2019	18276	17
01.08.2019	18358	11
01.09.2019	16192	138
01.10.2019	18683	397
01.11.2019	22456	553
01.12.2019	21594	747

Отже, загальний вигляд функції регресії питомого споживання електроенергії у даному випадку визначається за формулою:

Модель №1.

$$Y_p = 20133,23 + 1,059 \cdot X_{01p} \quad (3.48)$$

Модель №2.

$$\begin{cases} y_3 = 20664,56 + 0,161 \cdot x_{013} \\ y_4 = 20142,9 + 0,470 \cdot x_{014} \end{cases} \quad (3.49)$$

За даною функцією побудовано прогноз споживання електричної енергії за місяць. Для отримання прогнозованих значень використовувалась різні процедури. Було отримано різні графіки добового споживання, які зображена на рисунку 3.1 та

3.2, а також здійснено розрахунок середньо-квадратичної (RMSE) та відносної δ (%) похибки прогнозу відносно фактичних значень, що визначаються за формулами:

$$RMSE = \sqrt{(W_{\text{факт}} - W_{\text{прогн}})^2}, \quad (3.50)$$

$$\delta = \frac{W_{\text{факт}} - W_{\text{прогн}}}{W_{\text{факт}}}. \quad (3.51)$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Результати прогнозування.

Дата	W _{факт} , кВт·год	W _{прогн} , кВт·год	RMSE, кВт	δ, %
01.01.2018	21012	24617,2	3605,2	2,488
01.02.2018	20728	19687,4	1040,6	2,961
01.03.2018	16919	21561,5	4642,5	2,74
01.04.2018	17368	18131,15	763,2	2,357
01.05.2018	16278	18446,9	2168,9	2,002
01.06.2018	17742	17880	138	2,164
01.07.2018	16851	17169,9	318,9	2,129
01.08.2018	18855	18394,6	460,4	2,203
01.09.2018	17666	16956,1	709,9	2,269
01.10.2018	21137	18235,6	2901,4	2,937
01.11.2018	25593	22437,2	3155,8	2,976
01.12.2018	20266	17995,4	2270,6	3,110
01.01.2019	18371	17752,8	618,2	3,044
01.02.2019	22970	17158,1	5811,9	3,605
01.03.2019	20056	25949,4	5893,4	2,026
01.04.2019	19760	20698,2	938,2	2,256
01.05.2019	19223	25346,2	6123,2	1,694
01.06.2019	18699	23386,5	4687,5	1,736
01.07.2019	18276	21437,3	3161,3	1,833
01.08.2019	18358	22121,2	3763,2	1,779
01.09.2019	16192	17761,5	1569,5	2,077
01.10.2019	18683	20853,2	2170,2	11,6
01.11.2019	22456	14976,3	7479,7	13,3
01.12.2019	21594	20904,4	689,6	1,56
Середнє			2292,9	2,461

Покажемо на графіку фактичних та цільових показників ефективності енергозберігаючої діяльності житлової будівлі при використанні узагальненої моделі №1 (див. на рисунку 3.1).

Аналіз даного графіку показав, що спостерігається тенденція підвищення економії в період з 01.05.2019 по 01.11.2019 і тенденція зниження ефективності енерговикористання в період 01.03.2019 по 01.04.2019.

Покажемо на графіку фактичних та цільових показників ефективності енергозберігаючої діяльності житлової будівлі при використанні узагальненої моделі №2 (див. на рисунку 3.2).

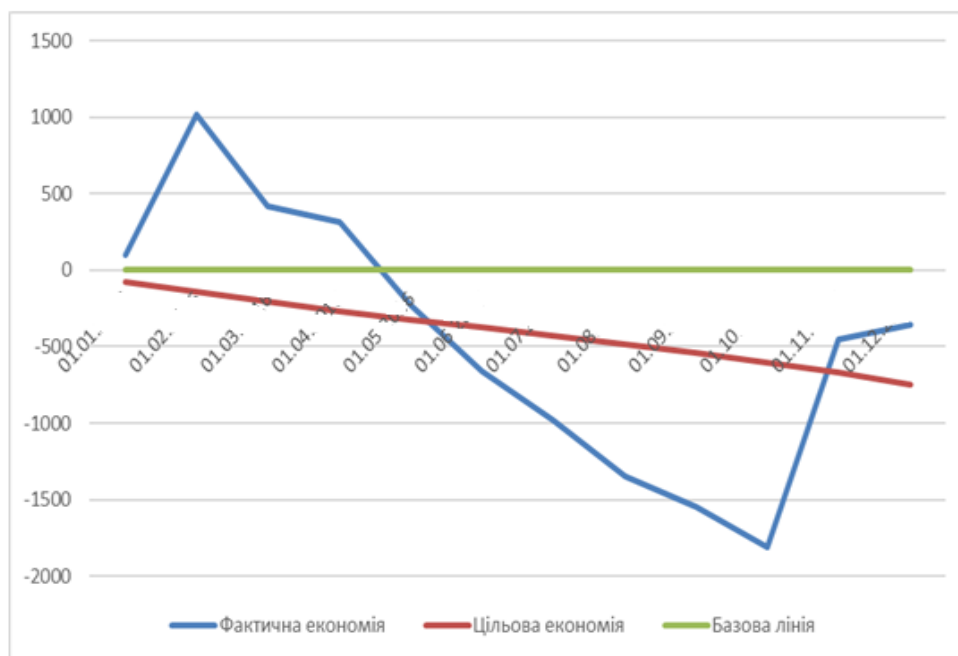


Рисунок 3.1 – Графік фактичних та цільових показників ефективності енергозберігаючої діяльності житлової будівлі при використанні узагальненої моделі №1

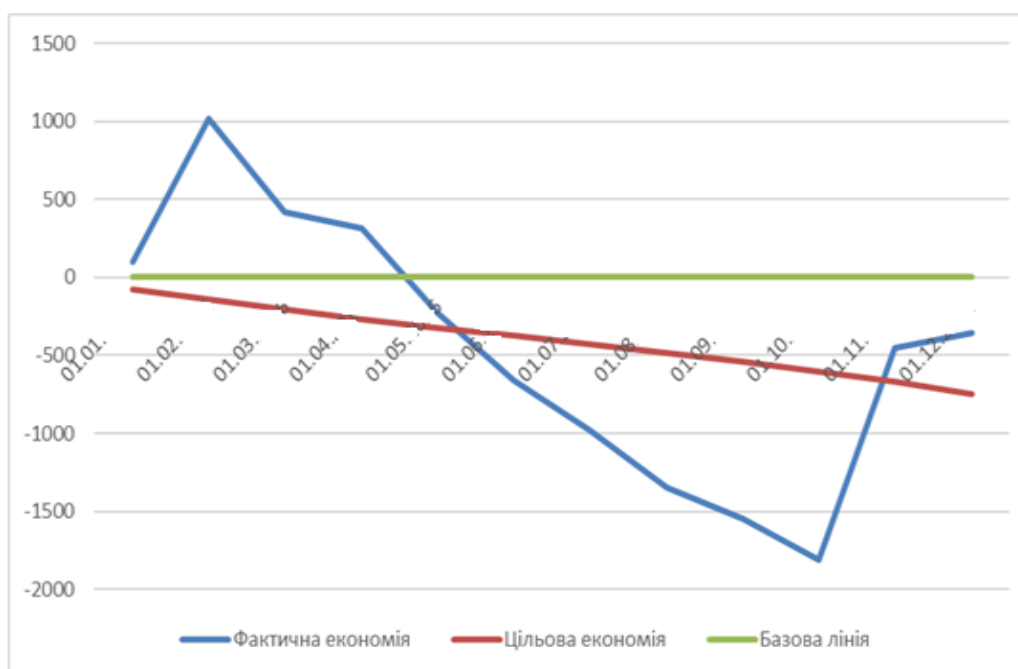


Рисунок 3.2 - Графік фактичних та цільових показників ефективності енергозберігаючої діяльності житлової будівлі при використанні узагальненої моделі №2

Бачимо, що з 01.01.2019 по 01.03.2019 йде тенденція перевитрати, але починаючи з 01.04.2019 по 01.05.2019 добре видно тенденцію різкого стрибка економії.

3.5 Процедури енергомоніторингу

Процедури системи енергомоніторингу, базовані на методології ЕТ-кривої, повинні виконуватись в наступному порядку:

- реєструвати середню зовнішню температуру для відповідного періоду;
- нанести показання енергоспоживання будівлі за добу / тиждень на ЕТ-діаграму.

Відхилення від ЕТ-кривої (рис.3.3) вказують на несправне обладнання чи неправильну установку параметрів роботи. Слід провести перевірку і виконати необхідний ремонт або налаштування [45].

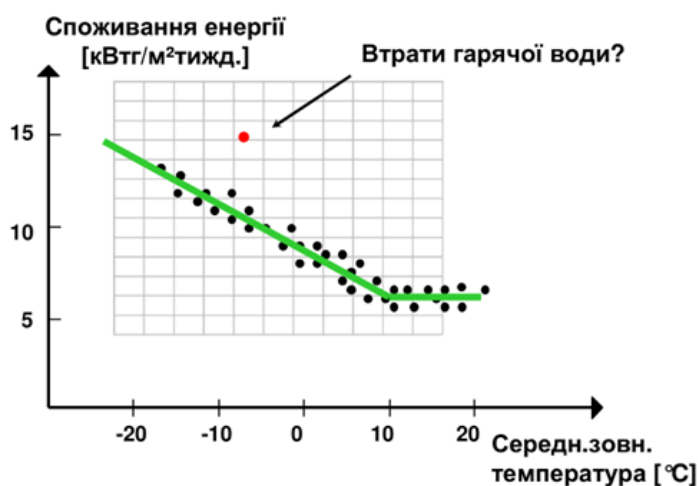


Рисунок 3.3 - Відхилення ЕТ-кривої

В будівлі здійснено реалізацію енергоефективних заходів. Маємо ЕТ-криву (рис.3.4), яка відображає споживання енергії будівлею після впровадження всього комплексу запропонованих енергоефективних заходів.

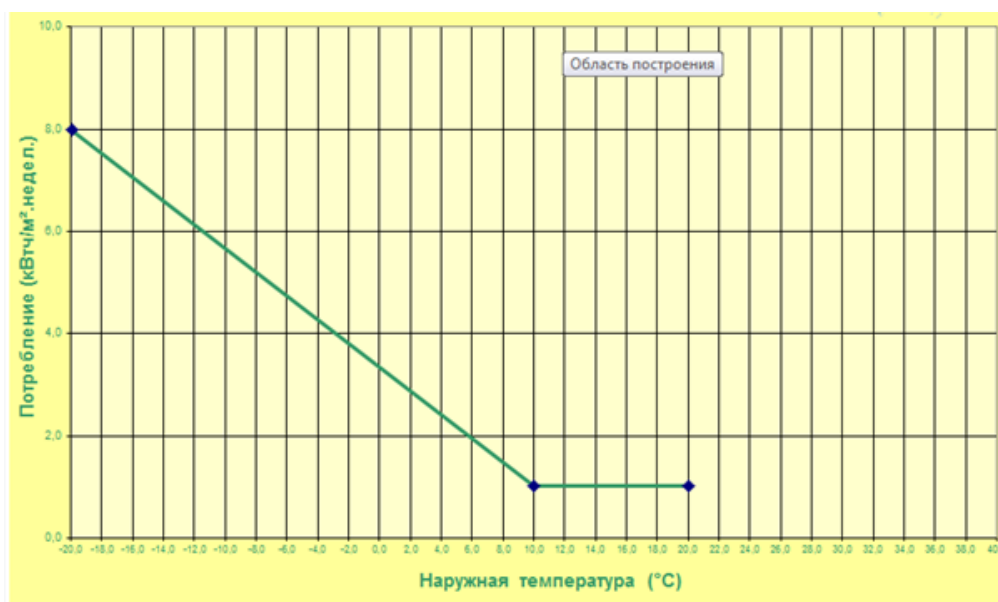


Рисунок 3.5 - ЕТ-крива

Побудова Ет-кривої здійснювалася зп допомогою програми ENSI EAB Software, в програмі не передбачено можливості виводити повноцінний звіт про енергетичне обстеження будівлі [46] та автоматизувати процес визначення теплотехнічних показників, проте ENSI EAB Software дозволяє отримати:

- потенціал економії енергії та економія кожного заходу;

- графік залежності енергоспоживання від зовнішньої температури;
- розрахункове енергоспоживання;
- базове споживання та ЕТ-крива.

Процедури системи енергомоніторингу, базовані на методології ЕТ-кривої, виконувались в наступному порядку[47,48]:

- збір показів лічильників енергоспоживання і вимірювачів температури, для розрахунків;
- для будівлі повинні готуватись форми для збору показників лічильників енергоспоживання і вимірювачів температури, а також для розрахунків (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 - Показники лічильників та тижневі розрахунки енергомоніторингу

Енергомоніторинг – Показники			
Будівля		Житлова будівля	
Дата		16.02.2018	23.02.2018
Час		10:00	09:00
Години з моменту останніх показів [год]		168	167
Показники			
Середня зовнішня температура	°C	-5	-5
Лічильник теплової енергії	кВт·год/тиждень	101333	111 500
Лічильник електричної енергії	кВт·год/тиждень	14656	15266

Енергомоніторинг – Тижневі розрахунки			
Середня зовнішня температура, [°C]		-5	
Тривалість періоду, [год]		167	
Тиждень		9	
	Лічильник теплової енергії, кВт·год	Лічильник електричної енергії, кВт·год	Сума, кВт·год
Покази цього тижня	111500	15266	
Покази минулого Тижня	101333	14656	
Різниця	10167	610	
			10777

Продовження таблиці 3.3

Всього	Виміряне кВт·год	Скориговане за період* кВт·год	Опалювальна площа м ²	Питоме енергоспоживання кВт·год/м ² тиждень
	10777	10841	2300	4.7

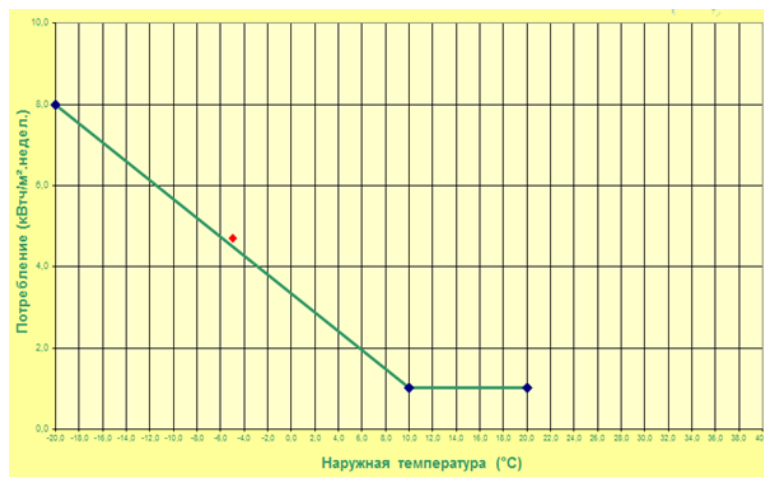


Рисунок 3.6 - ЕТ-діаграма

Аналіз енергоспоживання.

Нормативний показник [49] питомого енергоспоживання при середній зовнішній температурі зовнішнього повітря -5°C , ЕТ-діаграмі, складає $4,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ тиждень. Фактичний показник питомого енергоспоживання при середній зовнішній температурі зовнішнього повітря -5°C складає $4,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ тиждень. Відхилення складає 4%, що не виходить за рамки припустимих відхилень в 5 – 10%.

Розглянемо ситуацію зі значним відхиленням фактичного показника питомого енергоспоживання від нормативного показника питомого енергоспоживання [50].

Зареєстровано споживання енергії в $8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ тиждень при середній зовнішній температурі -5°C . Відхилення від ЕТ-кривої склало $3,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ тиждень (рис.3.7).

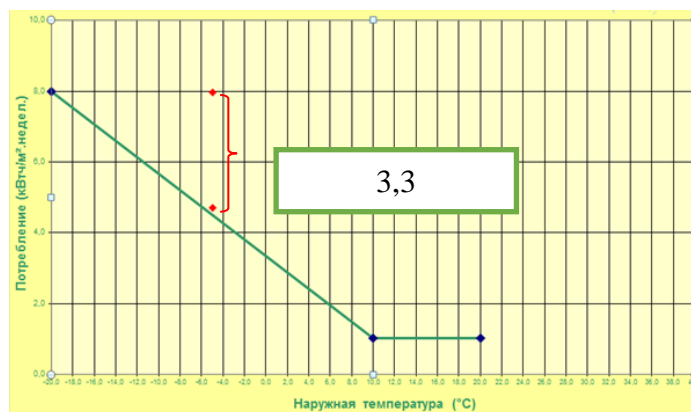


Рисунок 3.7 - Відхилення від ЕТ-кривої

Після проведення аналізу роботи інженерних систем будівлі було виявлено, що автоматична система регулювання індивідуального теплового пункту несправна, в результаті чого не здійснюється зниження температури в нічний час [51,52].

Можна розрахувати вартість такого відхилення:

- кондиційована площа будівлі – 3 917 м²;
- ціна енергії – 1,68 грн./кВт·год;
- додаткові витрати:

$$3,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \text{ тиждень} \cdot 3917 \text{ м}^2 \cdot 1,68 \text{ грн.} / \text{кВт} \cdot \text{год} = 21\,716 \text{ грн.} / \text{тиждень}$$

Завдяки щотижневій системі енергомоніторингу ця несправність була виявлена й усунута всього через тиждень. Якщо б у будівлі не проводився щотижневий енергомоніторинг, то несправність могла б бути виявлена тільки при наступній регламентних роботах. Якщо б роботи відбулись через 8 тижнів, то було б втрачено 173 728 грн.

Висновки

1. За результатами проведеного розрахунку показника енергоефективності житлової будівлі, з використанням методики [34], визначено, що житлова будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «Е».

2. Можливість практичного застосування узагальненої математичної моделі прогнозування споживання електричної енергії житловою будівлею показано на прикладі прогнозування місячного енергоспоживання житлової будівлі, що розташована за адресою м. Київ, вул. Механізаторів 7. Отримані результати та

помилка прогнозування є допустимими, що свідчить про адекватність запропонованої моделі та можливість її практичного застосування.

3. Побудовано ET-криву, за допомогою програми ENSI EAB Software. Для побудови використані дані показників лічильників та тижневі розрахунки енергомоніторингу.

4. Після проведення аналізу роботи інженерних систем будівлі було виявлено, що автоматична система регулювання індивідуального теплового пункту несправна, в результаті чого не здійснюється зниження температури в нічний час. Завдяки щотижневій системі енергомоніторингу ця несправність була виявлена й усунута всього через тиждень. Якщо б у будівлі не проводився щотижневий енергомоніторинг, то несправність могла б бути виявлена тільки при наступній регламентних роботах. Якщо б роботи відбулись через 8 тижнів, то було б втрачено 173 728 грн.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

4.1.1 Основні завдання системи моніторингу енергоспоживання

Завданнями, що вирішуються при проведенні ЕнМон житлової будівлі, є:

- оцінювання фактичного стану використання ПЕР ;
- забезпечення оперативного контролю за енергоспоживанням для своєчасного виявлення та усунення випадків перевитрат енергоресурсів;
- моніторинг досягнення цільових показників енергоефективності житлової будівлі;
- ідентифікація джерел втрат ПЕР та оцінювання величини цих втрат;
- моніторинг витрат коштів на ПЕР ;
- моніторинг рівня використання потенціалу енергозбереження;
- моніторинг своєчасності та якості виконання плану реалізації заходів з енергозбереження та програми енергозбереження;
- моніторинг розроблення та/або виконання коригувальних та випереджувальних дій тощо.

4.1.2 Структура системи

Склад структури системи енергетичного моніторингу є типовим. До складу запропонованої структури системи енергетичного моніторингу житлової будівлі входять:

Рівень 1. Сервер збору та обробки даних

- 1) База даних про енергоспоживання та характеристики житлової будівлі:
 - зберігання інформації про енергоспоживання отриманої з різних джерел (ручний ввід, дистанційний збір, звіти до енергопостачальних організацій);
 - зберігання інформації про характеристики житлової будівлі та її спостереження (результати обстежень та енергоаудитів, енергетичні паспорти, параметри налаштувань);

2) Веб-сервер:

- формування звітів про енергоспоживання та виконання налаштувань системи;
- забезпечення ручного вводу даних про енергоспоживання та стан житлової

будівлі;

- ввід та відображення даних про характеристики житлової будівлі;
- зміна уставок регуляторів, встановлених;

3) Блок аналізу;

- аналіз ефективності енергоспоживання;
- аналіз аварійних ситуацій.

4) Міжсистемна взаємодія:

- перетворення інформації з бази даних у формат необхідний для обміну з іншими системами (енергопостачальні компанії, SCADA, бухгалтерські програми);
- отримання та обробка (в т. ч. внесення в базу даних) інформації від інших систем (системи моніторингу та управління сторонніх розробників, SCADA та інші).

Рівень 2. Пункт збору та передачі даних:

1) Збір та передача даних від периферійних пристроїв;

- опитування периферійних пристроїв та приведення отриманих даних до єдиного стандарту;
- архівування даних протягом визначеного періоду;
- передача даних на сервер 1 рівня по декільком каналам зв'язку (Internet, GSM та інш.)

2) Веб-сервер:

- формування простих звітів про енергоспоживання та вимірювальних параметрів з можливістю локального (без мережі Internet) доступу з комп'ютера в локальній мережі;

3) Підключення перетворювачів інтерфейсів для лічильників, контролерів та давачів.

Рівень 3. Лічильники, контролери, давачі.

4.2 Технологічний аудит проекту

Зміст ідеї проекту наведений у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Зміст ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка системи енергетичного моніторингу	В науковій, промисловій та муніципальній діяльності	Поліпшує виробничий цикл;
		Своєчасне проведення ефективних заходів з енергозбереження;
		Дозволяє впроваджувати і застосовувати в повсякденній діяльності житлової будівлі різні законодавчі, регулюючі, контрактні та інші вимоги та зобов'язання.
		Дозволяє підвищити свою енергоефективність;
		Дозволяє реалізувати плани щодо поліпшення результативності енергозбереження шляхом проведення аналізу поточного споживання енергії щодо очікуваного;
		Дозволяє отримувати віддачу від цих заходів у вигляді фінансового прибутку.

Найближчим конкуруючим продуктом є досвід комунального підприємства "Група впровадження проекту з енергозбереження в адміністративних та громадських будівлях м. Києва", - Автоматизована система енергомоніторингу

(АСЕМ). Впровадження АСЕМ виконується з метою здійснення контролю за енергоспоживанням будівель бюджетної сфери. АСЕМ є повнофункціональним рішенням, що забезпечує інформаційно-аналітичну та технологічну підтримку задач формування статистичної звітності і аналітичних матеріалів, аналізу показників і управління енергоефективністю суб'єктів бюджетної та житлової сфер та надає наступні переваги:

- Зменшення витрат бюджетних коштів на обслуговування вузлів обліку теплової енергії, електричної енергії та холодної води завдяки дистанційному зніманню даних та друку відповідних протоколів у бюджетній та житловій сферах, що наразі є актуальним для лічильників обліку теплової енергії. Витрати на обслуговування вузлів обліку теплової енергії можна скоротити на 90 %, а орієнтовна річна економія становитиме 6,2 млн грн/рік.

- Проведення аналізу режимів електро-, тепло- та водоспоживання об'єктів, що дає змогу точніше прорахувати ефект від впровадження енергозберігаючих заходів. Опосередковано це дає змогу зменшити споживання енергоносіїв до 5 % за рахунок забезпечення контролю за раціональним використанням електричної енергії та холодної води (в т.ч. усунення витоків та протікань в системі холодного водопостачання).

Зазначимо переваги та недоліки проекту в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Переваги та недоліки проекту

Переваги	Недоліки
Простота у користуванні	Відсутність інформації, щодо потенціалу впровадження технологій
Достовірність інформації	
Повнота даних	
Широка сфера застосування	Відсутність автоматичного оновлення даних
Можливості доповнення	

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

В таблиці 4.3 проведено аналіз попиту потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 4.3 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку	Характеристика
Кількість головних гравців, од	5
Динаміка ринку	Зростає
Наявність обмежень на ринку	Відсутні
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Не потребує стандартизації та сертифікації

Аналізуючи ринок, до якого входить даний проект, можна сказати, що кількість конкуруючих проектів дуже мала на ринку, проте попит на дану продукцію стрімко зростає.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту наведена в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Проведення системи енергетичного моніторингу	Наукова, дослідницька, пізнавальна діяльність	При використанні в науковій чи дослідницькій діяльності потребується достовірність та повнота інформації	Повнота інформації
			Достовірність даних
		При застосуванні в пізнавальній діяльності, першочергово необхідна простота у користуванні	Широта сфери застосування
			Простота у користуванні

Проведений аналіз ринкового середовища (факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають) . В таблиці 4.5 перераховані фактори загроз впровадження проекту. Фактори можливостей впровадження проекту перераховані в таблиці 4.6.

Таблиця 4.5 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція
Конкуренція	Створення програмного продукту для енергетичного моніторингу з вільним доступом	Зниження попиту на даний проект
Складне економічне становище в країні	Зниження зацікавленості до СЕнМон з причини їх дороговизни	

Таблиця 4.6 - Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція
Підтримка	Щорічне оновлення бази даних житлової будівлі	Зростання зацікавленості до даного продукту
Інформування	Потреба в розумінні географічного розташування житлової будівлі	

В таблиці 4.7 представлено SWOT-аналіз впровадження проекту.

Таблиця 4.7 - SWOT-аналіз впровадження проекту.

S (сильні сторони)	W (слабкі сторони)
проект не має рівносильних аналогів; можливість постійної підтримки проекту (оновлення даних, вдосконалення; якість продукту (достовірність даних);	реклама продукту; взаємовідносини з органами влади (складність в отриманні даних); обізнаність покупців;

Продовження таблиці 5.5

О (можливості)	Т (загрози)
Зростання попиту на СЕНМон; Підтримка влади;	зниження доходів потенційних споживачів активізація конкуренції цінова конкуренція нові технології

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів представлено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Цільові групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів прийняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
Науковці	Повна готовність	Високий	Слабка	Просто
Інвестори	Повна готовність	Високий	Слабка	Просто
Журналісти	Повна готовність	Високий	Слабка	Просто
Державні органи влади	Часткова готовність	Високий	Помірна	Складно
Які цільові групи обрано: Науковці, Інвестори, Журналісти				

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Концепція маркетингової комунікації показана в таблиці 4.9.

Проблеми реалізацій проекту муніципальної енергоефективності наведені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Концепція маркетингової комунікації

Цільові групи	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Науковці	Інтернет	Надійність, достовірність, повнота інформації	Зацікавити клієнтів в покупці права на користування продуктом	Зручність в експлуатації, надійність, достовірність
Інвестори	Інтернет	Надійність, достовірність, повнота інформації		
Журналісти	Інтернет	Надійність, достовірність, повнота інформації		

Таблиця 4.10 - Проблеми реалізацій проекту енергоефективності

Обізнаність і Стимули	Обсяг реалізації	Доступ до фінансування
Обмежена обізнаність: •Низький пріоритет надає енергетичних питань •Недостатня інформованість про ЕЕ потенціал • Недостатня інформація на використанні та витрат енергії	Низькі рівні потужності: •Обмежене самоврядування технічного потенціалу •Обмежений технічний потенціал фінансистів • Відсутність знайомства з ЕЕ технологіями	Обмеження фінансування: • Неадекватна дохідна база •Обмежені доходи засобів повноваження •Обмеження на використання коштів
Стимул несумісність •Спліт стимули (між правом власності і фінансування) • Ціни на енергію нижче витрат пропозиції •Відмова від негативних зовнішніх факторів, ціна використання енергії •Невизначений нормативно-правова база		Бар'єри на шляху до комерційного фінансування: •Вимоги до застави і звернення •Оцінка кредитоспроможності •Відсутність «жорстких» грошових потоків • Високі операційні витрати

Висновки

1. Визначено, що даний продукт практично не має рівносильних аналогів на ринку, проте попит на дану інформацію наявний серед науковців, дослідників, журналістів, інвесторів.

2. Надано якісну оцінку рентабельності проекту, а саме, враховуючи малі затрати на реалізацію даного проекту (лише оплата часу роботи), даний проект є рентабельним.

3. Визначено переваги та недоліки даного проекту, бар'єри до його впровадження. До переваг проекту можна віднести простоту у використанні, достовірність інформації, повноту даних, широку сферу застосування, можливості доповнення. До недоліків відноситься відсутність інформації, щодо потенціалу впровадження технологій та відсутність автоматичного оновлення даних. Можливі такі фактори загроз впровадження проекту як конкуренція та складне економічне становище в країні.

Проаналізовано проблеми реалізації проекту енергоефективності за такими пунктами: обізнаність і стимули; обсяг реалізації та доступ до фінансування.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація присвячена подальшому розвитку системи енергетичного моніторингу житлових будівель. Проведені наукові дослідження дозволили отримати такі основні результати:

1. Розглянуто існуючий стан енергетичного моніторингу в Україні. В Україні помічаються позитивні зрушення щодо впровадження систем енергетичного моніторингу. На сьогодні енергетичний моніторинг запроваджено у 153 містах та 2 регіонах України.

2. Розглянуто загальні положення щодо енергомоніторингу, на чому він базується, що дозволить запровадження системи енергомоніторингу, а також визначено проблеми, які можуть стояти перед впровадженням системи енергомоніторингу.

3. Розглянуто наукові праці вітчизняних та зарубіжних дослідників за проблемою проведення енергомоніторингу житлових будівель. Визначено, що проведення енергомоніторингу житлових будівель є актуальним не лише в Україні, а й у країнах Європи.

4. Проведено аналіз існуючих підходів до побудови системи енергомоніторингу житлової будівлі, технічне забезпечення системи енергомоніторингу. Щоденний енергомоніторинг може проводитися як у ручному режимі, так і за допомогою автоматизованих систем та спеціалізованого програмного забезпечення. Можливі програмні продукти для енергомоніторингу, доступні в Україні: Платформа UMUNI, Енергоплан 2.0, Енергобаланс та інші.

5. Проведено аналіз нормативно – правової бази України за тематикою проведення енергомоніторингу житлових будівель. При проведені аналізу було визначено, що є велика кількість нормативних документів, які потребують вивчення перед початком проведення енергомоніторингу.

6. Проаналізовано споживання ПЕР житловим будинком протягом трьох останніх років (2017, 2018, 2019 рр.). Побудовано баланс споживання електричної

енергії житловим будинком, 95% електричної енергії споживають квартири. Проведено розрахунок втрат теплоти через зовнішні огороження житлової будівлі.

7. Запропоновано узагальнену математичну модель прогнозування споживання електричної енергії бюджетних установ на базі регресійної моделі з урахуванням різноманітних факторів, що можуть бути класифіковані за різними ознаками, що дозволяють точніше оцінити місце та роль кожного фактора у формуванні величини результативних показників. При цьому найбільш суттєвий є вплив від фактору, що характеризує кількість градусо- діб.

8. Після проведення аналізу роботи інженерних систем будівлі було виявлено, що автоматична система регулювання індивідуального теплового пункту несправна, в результаті чого не здійснюється зниження температури в нічний час.

9. Для практичного застосування результатів, отриманих в межах виконаних наукових досліджень, в роботі розроблено стартап реалізації проекту впровадження системи енергетичного моніторингу житлових будівель. Визначено, що даний продукт практично не має рівносильних аналогів на ринку, проте попит на дану інформацію наявний серед науковців, дослідників, журналістів, інвесторів. Надано якісну оцінку рентабельності проекту, а саме, враховуючи малі затрати на реалізацію даного проекту (лише оплата часу роботи), даний проект є рентабельним.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Разработка и внедрение системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 на предприятиях ДТЭК ЭНЕРГО / Под общ. Ред. С.П. Денисюка. – К.: Наш формат, 2014. – 504 с.
2. CHERNIAVSKIY A., KOTLYAR R. Energy monitoring as part energy management system municipality // Norwegian Journal of development of the International Science. VOL.2. №5/2017. – P.100-105 (ISSN 3453-9875).
3. Энергетический мониторинг как механизм управления функционирования системы энергосбережения в бюджетной сфере / В.П. Розен, А.В. Чернявский, Е.А. Ячник, А.А. Войналович // Промислова електроенергетика та електротехніка (ПРОМЕЛЕКТРО). - №1. - 2010. - С.54-60.
4. Вопросы нормирования энергоресурсов промышленного предприятия / М.А. Вяткин, О.И. Балабайченко, А.Ф. Закатаева, С.Я. Титов // Промышленная энергетика. 1979. №10. – С. 7-9.
5. Энергетический мониторинг как составляющая часть системы энергетического менеджмента / Розен В.П., Чернявский А.В. // Економічна безпека держави: стратегія, енергетика, інформаційні технології («Недінські читання – 2014»): монографія / За науковою редакцією д.т.н., проф. Лук'яненко С.О., к.е.н., доц. Караєвої Н.В. – К.: Видавництво ООО «Юрка Любченка», 2014. – 468 с. (С.261-270).
6. ЧЕРНЯВСЬКИЙ А. В., КОТЛЯР Р.С. Формування комплексу пріоритетів об'єктів моніторингу при побудові муніципальної системи енергетичного моніторингу на прикладі громадських будівель / Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'17. IV міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Збірник тез доповідей.
7. Осовська Г.В., Копитова І.В. Основи менеджменту. Практикум: Навчальний посібник. - К.: Кондор, 2005. - 581 с.

8. Енергетичні, економічні та екологічні показники енергоефективності. ISSN 1813-5420 (Print). Енергетика: економіка, технології, екологія. 2016. № 1
9. Павлик А.В. Оценка энергоэффективности как основа формирования энергонезависимой стратегии http://economyandsociety.in.ua/journal/9_ukr/149.pdf
10. Проектування інформаційної системи розрахунку енергоефективності будівель <http://journals.uran.ua/urss/article/view/60658/56383>
11. Демченко В. В. Методи підвищення енергоефективності будівлі / В. В. Демченко, Х. М. Чуприна, О. В. Невмержицький // Управління розвитком складних систем : зб. наук. пр. – К. : КНУБА, 2013. – № 16. – С. 138–143.
12. Математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання / В. І. Дешко, І. Ю. Білоус // Будівельні конструкції. - 2014. - Вип. 80. - С. 68-72.
13. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]: ДСТУ Б EN ISO 13790:2011.– На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с. Математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання / В. І. Дешко, І. Ю. Білоус // Будівельні конструкції. - 2014. - Вип. 80. - С. 68-72.
14. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-3, Issue-1, October 2013.
15. Інформаційна система моніторингу енергоефективності будівель http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/24316/2/LPE_2018_Shabdinov_M-Information_system_of_101-102.pdf
16. Богомолов Ю. М. Информационные технологии в организации строительства / Ю. М. Богомолов. - Минск: ИРФ —Обозрение, 1997. – 240 с.
17. Данченко О. Б. Формалізація інформаційного середовища систем управління проектами будівництва складних енергетичних об'єктів / Данченко О. Б., Лега Ю. Г., Тесля Ю. М., Палагіна О. А., Черниш С. В. // Вісник ЧІТІ. – Черкаси: Графія України, 2001. – №1. – С.118-123.

18. Проскуряков В.М., Самуйлявичус Р.Й. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов: показатели, факторы роста, анализ. – М.: Экономика, 1988. – 175 с.

19. Шовкалюк Ю.В. Інструменти і методи для підвищення енергоефективності будівельного фонду // Молодий вчений. – № 1(53). – 2018. – С. 573-577.

20. Підвищення енергоефективності в Україні: зменшення регулювання та стимулювання енергозбереження.

http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/German_advisory_group/2012/PP_01_2012_ukr.pdf

21. Komelina O.V. Economic-mathematical modeling of the energy efficiency indicators of existing housing stock / O.V. Komelina, S.A. Shcherbinina, K.I. Serdyuk // Економіка і регіон : наук. вісн. ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка / голов. ред. В.О. Онищенко. – Полтава : ПолтНТУ, 2016. – № 5 (60). – С. 111-117.

22. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. [Електронний ресурс]: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/n0001824-15>

23. Кулоян Т.Л. Об оценке эффективности использования топливно-энергетических ресурсов // Промышленная энергетика. 1982. №1. – С. 5-7.

24. Глобальная стратегия энергосбережения для Украины // Комиссии Европейского Сообщества. Директорат Внешнеэкономических связей по программе TACIS: Мадрид-Киев. 1995.

25. Офіційний сайт Державного агентства з енергетичної ефективності України ДАЕЕ (Держенергоефективності), [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://saee.gov.ua/>

26. Бакуліна Г.М., Маловик К.М. Розробка й удосконалення методів оцінювання ефективності та конкурентоздатності освітніх послуг вищих навчальних закладів України. – К., 2010. – 207 с.

27. Багиев Г.Л., Огороков В.Р. Основные направления совершенствования управления рациональным использованием электроэнергии в промышленности // Промышленная энергетика. – № 7. – 1982. – С.2-4.

28. EN 16001:2009 Energy management systems. Requirements with guidance for use.

29. ДСТУ ISO 50006:2016(ISO 50006:2014, IDT) Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності.

30. Мных Е.В. Анализ эффективности использования топливно-энергетических ресурсов. – Львов: Свит, 1991. – 176 с.

31. Мониторинг как инструмент повышения эффективности функционирования системы внедрения и финансирования энергосберегающих мероприятий / Розен В.П., Чернявский А.В., Ячник Е.А., Литвин В.И. // Економічна безпека держави і науково-технологічні аспекти її забезпечення. Праці Першого науково-практичного семінару з міжнародною участю (21-22 жовтня 2009 р., Київ). - С.392-405.

32. Копцев Л.А. Нормирование и прогнозирование потребления электроэнергии в зависимости от объемов производства / Л.А. Копцев М.: Промышленная энергетика. 1996. №3. с 240.

33. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 25.01.2013 р. № 24 та від 28.08.2013 р. №410

34. ДБН В.2.6-31:2016 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.

35. Багиев Г.Л., Околоков В.Р. Основные направления совершенствования управления рациональным использованием электроэнергии в промышленности // Промышленная энергетика. – № 7. – 1982. – С.2-4.

36. Боровиков В.П. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows. Основы теории и интенсивная практика на компьютере / Г.И. Ивченко, В.П. Боровиков - М.: Финансы и статистика, 2000. 384с.

37. Хомяков В.І. Менеджмент підприємства. - 2-ге вид., перероб. і доп.- Київ: Кондор, 2005. - 434 с.

38. Шульга Ю.І., Розен В.П., Соловей О.І., Чернявський А.В. Концептуальні основи впровадження енергетичного менеджменту на підприємстві // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність-2002». – 29-30 жовтня 2002, Київ. – С. 128.

39. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М. : АВОК-ПРЕСС, 2012.

40. Табунщиков Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / Ю.А. Табунщиков Д.Ю. Хромец, Ю.А. Матросов. – М. : Стройиздат, 1986. – 382 с.

41. Федюк Р.С. Математическая модель управления тепловым балансом энергосберегающего здания / Р.С. Федюк // Конференция 2010 — Экономические аспекты экологической безопасности, Дальневосточный государственный технический университет, г. Владивосток, Россия [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

http://ecology.ostu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=240:2010-12-20-10-21-35&catid=61:2010-11-01-09-42-55&Itemid=63.

42. Математическая модель теплоснабжения помещений для АСУ энергосбережения / А.В. Пуговкин [и др.] // Докл. ТУСУР. – Томск : В-Спектр, 2010. – № 2 (22).

43. Инженерное оборудование зданий и сооружений : энцикл. / под ред. С.В. Яковлева. – М. : Стройиздат, 1994. – 512 с

44. Осовська Г.В., Копитова І.В. Основи менеджменту. Практикум: Навчальний посібник. - К.: Кондор, 2005. - 581 с.

45. Организация и планирование энергохозяйства промышленных предприятий / В.Т. Мелехин, Г.Л. Багиев, В.А. Полянский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 224 с.

46. Проскуряков В.М., Самуйловичус Р.Й. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов: показатели, факторы роста, анализ. – М.: Экономика, 1988. – 175 с.

47. Поспелова Т.Г. Основы энергосбережения. – Мн.: УП «Технопринт», 2000.– 353 с.

48. Розен В.П., Соловей О.І., Чернявський А.В. Організаційні заходи щодо впровадження та експлуатації системи енергетичного менеджменту на підприємстві // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2002. - №1. – С. 66-70.

49. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Система показателей для оценки эффективности использования энергии // Промышленная энергетика, №1, 2000. – С. 2-5. Указ Президента України від 16 червня 1999 року №662/99. «Про заходи щодо скорочення енергоспоживання бюджетними установами, організаціями та казенними підприємствами».

50. StatSoft [Електронний ресурс]: Электронный учебник по статистике. Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> - Назва з екрана.

51. Data Mining: общий обзор STATISTICA Data Miner [електронний ресурс]/ http://statsoft.ru/products/STATISTICA_Data_Miner/.

52. Квашнин А. Как продвигать проекты коммерциализации технологий : серия методических материалов «Практические руководства для центров коммерциализации технологий» / М. Катешова, А. Квашнин, под рук. П. Линдхольма, проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006. – 52 с.

ДОДАТОК 2

Схема індивідуального теплового пункту житлової будівлі за адресою м. Київ, вул. Механізаторів 7.

